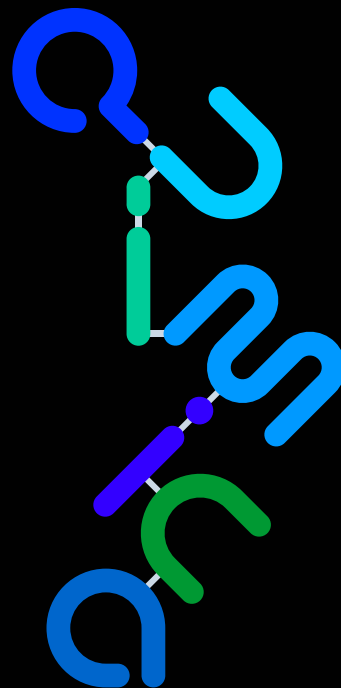
Química
EDUARDO FLEURY MORTIMER
ANDRÉA HORTA MACHADO
1
ENSINO MÉDIO
MANUAL DO PROFESSOR
editora scipione

Química

EDUARDO FLEURY MORTIMER
ANDRÉA HORTA MACHADO

ENSINO MÉDIO

MANUAL DO PROFESSOR

Eduardo Fleury Mortimer

Professor Titular da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais.
Bacharel e Licenciado em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais.
Mestre em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais.
Doutor em Educação pela Universidade de São Paulo.
Pós-doutorado na Washington University, em St. Louis, EUA.
Pesquisador do CNPq na área de Educação em Ciências.

Andréa Horta Machado

Professora Associada do Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais.
Bacharel e Licenciada em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais.
Mestre e Doutora em Educação – Metodologia de Ensino de Química, pela Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas – SP.

2ª edição
São Paulo, 2013

Apresentação

Prezado aluno,

Este livro contém atividades e textos destinados ao estudo introdutório da Química. As atividades aqui propostas estão estruturadas de modo a possibilitar que vocês, alunos, discutam em grupo e apresentem interpretações para fenômenos simples que são importantes para o entendimento da Química.

A realização dos experimentos aqui propostos não requer equipamentos sofisticados e pode ser desenvolvida em uma sala de aula comum. O objetivo é promover uma integração entre teoria e prática, usando os experimentos como forma de interrogar a natureza e gerar discussões sobre os fenômenos de interesse da Química.

A sua participação nas discussões é fundamental, pois aprender Química é, de certa forma, aprender a dialogar com e sobre a Química. Então, **não tenha medo de errar**! Ao expressar seu pensamento e submeter suas opiniões à crítica construtiva dos colegas e do professor, você terá oportunidade de aprimorar suas concepções sobre a Química e se aproximar cada vez mais do mundo da ciência. Afinal, essa é a forma como a ciência tem se desenvolvido ao longo da História. Hipóteses e teorias, hoje consideradas válidas, poderão, no futuro, parecer tão ingênuas quanto os enganos que cometemos. Por isso, não há que se temer os erros, mas aprender a conviver com eles, percebendo-os como uma etapa no caminho da aprendizagem da Química.

Os autores

Como a obra está

A obra

O conteúdo deste volume é dividido em **9 capítulos**, em que são tratados temas fundamentais para a construção de uma base conceitual que possibilita uma visão ampla, interdisciplinar e contextualizada da Química.

Capítulos

Os **temas** são desenvolvidos ao longo de cada capítulo, conforme seções descritas a seguir.

Atividade

Esta seção propõe atividades (experimentais, de pesquisa, de elaboração de texto, de raciocínio lógico, entre outras) acompanhadas de questões que **promovem o diálogo dos alunos com os fenômenos em foco**.

atividade 6

Investigando o comportamento da água e de uma mistura de água e sal sob resfriamento

Questões preliminares

Q34. A que temperatura vocês esperam que a água se congele? Por quê?

Q35. Durante o congelamento da água, vocês esperam que a temperatura continue a diminuir ou permaneça constante? Justifiquem.

Q36. Qual a temperatura de fusão do gelo?

Q37. Durante a fusão do gelo, vocês esperam que a temperatura continue a aumentar ou permaneça constante? Justifiquem.

Q38. Respondam às questões Q34 e Q35 considerando que agora vocês têm uma mistura de água e sal. Expliquem.

Material

Dois tubos de ensaio, um béquer de 250 mL, gelo picado (o suficiente para fazer a montagem experimental), um pacote de sal de cozinha.

O que fazer

A21 Leiam atentamente o procedimento antes de iniciar a experiência.

A22 Construam dois quadros no caderno: **temperatura da água** (em °C) × **tempo de resfriamento** (em min) e **temperatura da água com sal** (em °C) × **tempo de resfriamento** (em min). Enumerem os dados obtidos.

A23 Para observar o comportamento da água sob resfriamento, preparem a montagem experimental colocando no recipiente dois tubos de ensaio vazios com a abertura para cima. Em seguida, adicionem, alternadamente, uma camada de gelo picado e uma de sal de cozinha até encher o recipiente.

Figura 2.30
a) Montagem para o resfriamento da água.
b) Temperatura da água sem sal.
c) Temperatura da água com sal. (Notem que a temperatura está abaixo de zero, mas a água com sal não congelou.)

Fotos: Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS PROPRIEDADES ESPECÍFICAS DOS MATERIAIS CAPÍTULO 2 47

Projeto

Os projetos têm como objetivo trabalhar o tema de forma mais ampla e contextualizada. Têm um caráter de **atividade integradora**, pois promovem a interação do **conhecimento químico com outras áreas do conhecimento**.

projeto 1

O uso dos materiais, suas propriedades e os modelos de ligação química

Neste projeto, você e seu grupo vão pesquisar sobre um determinado material com o objetivo de entender suas propriedades e explicá-las com base nos modelos de ligação química, além de verificar como o uso desse material, para fabricar diferentes objetos e artefatos utilizados no cotidiano urbano, industrial e rural, relaciona-se com essas propriedades.

Vocês deverão também se informar sobre os processos de obtenção do material estudado, a distribuição das reservas de matéria-prima para sua obtenção no Brasil e no mundo, assim como sobre as implicações sociais e ambientais de sua produção e uso.

O projeto deve ser desenvolvido ao longo do estudo deste capítulo. Seu professor estabelecerá o material a ser investigado pelos grupos, dentre os seguintes:

- metais: ferro e aço;
- metais: alumínio e cobre;
- vidros e tijolos refratários;
- materiais de origem vegetal: madeira, papel, fibras vegetais;
- biomateriais, catalisadores, polímeros condutores, nanomateriais;
- plásticos e borrachas;
- silício e outros materiais usados na fabricação de componentes eletrônicos.

Não se esqueçam de indicar as fontes utilizadas na pesquisa: jornais, revistas, livros, internet, etc.

No relatório que deve ser feito sobre o material, cada grupo deverá responder às seguintes questões:

P1 Qual é a origem do material considerado? Como ele é produzido e/ou extraído? Descrevam todas as fases do processo de extração e do processo industrial de produção. Qual é o impacto ambiental e social de sua produção e/ou extração? Quais são as reservas potenciais em uso das matérias-primas para a fabricação desse material no Brasil e no mundo e como elas se distribuem?

P2 Descrevam o funcionamento de um produto em que esse material é usado, deixando claro quais propriedades fazem com que o material seja apropriado para esse uso.

P3 Como está distribuído o consumo desse tipo de material pelos diferentes países, em termos absolutos e em termos relativos (quilograma do material por habitante – kg/hab.)? E entre os estados brasileiros? O que essa distribuição pode indicar em termos de desenvolvimento socioeconômico dos diferentes países e regiões?

276

Questões preliminares

Questões que antecedem o estudo de um tema, permitindo ao aluno formular hipóteses sobre fênomenos cotidianos, tornando mais fácil e atraente o ensino da Química.

organizada >>>>>>>>>

texto 7

A Terra tem solução?

Atualmente, muito se tem falado sobre a Terra e sobre a maneira como a espécie humana vem se relacionando com ela. Como o conhecimento químico pode nos ajudar a conhecer um pouco mais nosso planeta?

De que a Terra é constituída?

Na superfície da Terra, além da crosta, existem oceanos, lagos e rios, que, com a água retida em fendas e fissuras do solo e das rochas próximas à superfície, constituem a **hidrosfera**.

Apesar de ocupar dois terços da superfície terrestre, a hidrosfera representa apenas 0,025% da massa total da Terra. A água é, sem dúvida, o recurso da hidrosfera mais importante para o homem. Os oceanos, que ocupam 70,8% da superfície do planeta, com profundidade média de 4 quilômetros (km), constituem importante fonte de recursos vitais. Eles atuam como coletores de muitos materiais dissolvidos dos continentes que, ao longo do tempo, deram origem a uma imensa solução com 3,5% em peso de sólidos dissolvidos. Essa solução é homogênea, o que torna a composição dos oceanos praticamente constante. Sódio e cloro, os dois elementos que constituem o sal de cozinha (NaCl), são os mais abundantes e, com o magnésio, o enxofre, o cálcio e o potássio, constituem 99,5% da massa total dos sólidos dissolvidos no mar. Cada quilômetro cúbico (km^3) de água do mar contém ainda quantidades significativas de outros 64 elementos, como zinco, com 11,3 t, cobre e estanho, com 3,4 t cada um, prata, com 240 kg, e até ouro, com 430 g.

PhotoDisc/Arquivo da editora

Figura 2.31 O conhecimento químico nos ajuda a compreender um pouco a constituição da Terra.

Corbis/Latinstock

Figura 2.32 A hidrosfera é uma parte importante da constituição da Terra.

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS PROPRIEDADES ESPECÍFICAS DOS MATERIAIS CAPÍTULO 2 51

Exercícios

Aqui são apresentados exercícios mais simples, diretamente relacionados ao que foi abordado em Texto ou em Atividade.

EXERCÍCIOS

No início deste capítulo, comentamos que algumas questões discutidas nos capítulos sobre propriedades dos materiais ficaram sem resposta satisfatória. Nossa expectativa é que a construção de um modelo de partículas para explicar os fenômenos que ocorrem com os materiais ajude a aprofundar essas respostas. Com base nos conhecimentos adquiridos ao longo deste capítulo, responda:

E1. Por que alguns materiais são mais densos que outros?

E2. Por que a temperatura permanece constante nas mudanças de estado físico das substâncias?

E3. Por que a temperatura de ebulição dos líquidos, a exemplo da água, é afetada pela pressão atmosférica?

E4. Por que as substâncias são solúveis em certos solventes e insolúveis em outros?

Texto

A seção inclui textos que constituem um fechamento para a seção Atividade, em que são respondidas as questões das atividades. Inclui também outros textos que abordam aspectos teóricos e conceituais e, por fim, textos retirados de periódicos ou de páginas da internet, os quais apresentam informações mais amplas e contextualizadas.

Questões

Esta seção traz questões relacionadas ao que foi abordado em Texto ou em Atividade. Muitas vezes são propostas para ajudar o aluno a compreender o conteúdo apresentado em Texto, envolvendo respostas mais diretas; em outras, são questões que buscam fazer o aluno utilizar conceitos abordados para pensar um pouco mais para elaborar as respostas.

Questões

Não escreva no livro.

Q11. Qual a diferença entre componentes e fases de um sistema? Exemplifique.

Q12. Cite a diferença entre um sistema aberto e um fechado e dê exemplos.

Q13. Qual a diferença entre um sistema fechado e um isolado? Cite exemplos.

Q14. Indique a diferença entre um sistema homogêneo e um heterogêneo e exemplifique.

Q15. Seria conveniente utilizar a expressão "mistura heterogênea" para designar o sistema constituído de água e areia? Justifique.

Q16. Indique o melhor processo que pode ser empregado para separar os componentes dos sistemas a seguir, explicando cada caso e a propriedade que permitiu a separação:

a) água e óleo;
b) sal e areia;
c) álcool etílico e éter;
d) oxigênio do ar atmosférico;
e) sal de cozinha, iodeto de chumbo (insolúvel em água) e água.

Q17. Explique por que não é possível separar os componentes de uma mistura azeotrópica por destilação.

Na internet

Esta seção traz sugestões de páginas da internet que se referem ao conteúdo estudado no capítulo.

na internet

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/recursos/14438/ciclo_urbano_da_agua.swf>

Neste endereço você vai encontrar a animação "Ciclo Urbano da Água" que apresenta alguns processos de separação de materiais descritos neste capítulo. Acesso em: 29 out. 2012.

<www.cdcc.sc.usp.br/quimica/experimentos/separac.html>

Nesta página do Centro de Divulgação Científica e Cultural da Universidade de São Paulo (USP) você vai encontrar uma sugestão de um experimento que envolve processos de separação de misturas. Acesso em: 30 jul. 2012.

<www.labvirtq.fe.usp.br/simulacoes/quimica/sim_qui_zanzan.htm>

Nesta página do Laboratório Didático Virtual – Escola do Futuro – da USP, há uma simulação sobre separação de misturas homogêneas. Acesso em: 30 jul. 2012.

<http://qnesc.sbq.org.br>

Página da revista *Química Nova na Escola* (QNEsc), publicada pela Sociedade Brasileira de Química (SBQ). Os artigos estão disponíveis na íntegra e de forma totalmente gratuita. Estão disponíveis também os *Cadernos Temáticos* publicados desde 2001. Acesso em: 30 jul. 2012.

MATERIAIS: ESTUDO DE PROCESSOS DE SEPARAÇÃO E PURIFICAÇÃO CAPÍTULO 3 85

Questões de exames

Todas as questões devem ser respondidas em seu caderno. Não escreva no livro.

Q18. (UFMG) Durante a preparação do popular cafezinho brasileiro, são utilizados alguns procedimentos de separação de misturas. A alternativa que apresenta corretamente a sequência de operações utilizadas é:

a) destilação e decantação.
b) destilação e filtração.
c) extração e decantação.
d) extração e filtração.

Q19. (UFMG) Um limão foi espremido num copo contendo água, e as sementes ficaram no fundo do recipiente. A seguir, foi adicionado ao sistema um pouco de açúcar, que se dissolveu completamente. Em consequência, as sementes flutuaram. Indique a alternativa em que se explica corretamente a flutuação das sementes após a adição do açúcar.

a) A densidade do líquido aumentou.
b) O pH do sistema foi alterado.
c) A densidade das sementes diminuiu.
d) O número de fases do sistema aumentou.

Q20. (Unicamp-SP) "Os peixes estão morrendo porque a água do rio está sem oxigênio, mas, nos trechos de maior correnteza, a quantidade de oxigênio aumenta." Ao ouvir esta informação de um técnico do meio ambiente, um estudante que passava pela margem do rio ficou confuso e fez a seguinte reflexão: "Estou vendo a água no rio e sei que ela contém, em suas moléculas, oxigênio; então, como pode ter acabado o oxigênio do rio?".

a) Escreva a fórmula das substâncias mencionadas pelo técnico.
b) Qual é a confusão cometida pelo estudante em sua reflexão?

Q21. (UFMG) As figuras a seguir representam três sistemas. Em cada um deles, a fase sólida é gelo e a líquida, água (densidade = 0,998 g/mL), etanol 96 °GL (densidade = = 0,810 g/mL) ou uma mistura de água e etanol, não necessariamente nessa ordem.

Figura 3.28 Questão Q21.

Com relação a esses sistemas, é **correto** afirmar que:

a) a adição de água ao sistema II leva à situação ilustrada no sistema I.
b) a densidade do gelo é igual à da fase líquida no sistema III.
c) a fase líquida no sistema I é constituída somente de água.
d) a fusão parcial do gelo no sistema II leva à situação ilustrada no sistema III.

Q22. (Unimontes-MG) No processo de resfriamento de uma mistura de 40% de cádmio e 60% de bismuto, a cristalização desses metais inicia-se a 270 °C e termina a 140 °C, quando a solução atinge a composição eutética. A recristalização encontra-se **corretamente** representada através da curva:

a) temperatura (°C) 270 140 tempo

b) temperatura (°C) 270 140 tempo

c) temperatura (°C) 270 140 tempo

d) temperatura (°C) 270 140 tempo

Figura 3.29 Questão Q22.

86

Questões de exames

São propostas questões extraídas dos vestibulares de universidades brasileiras e do Enem, relacionadas ao que foi abordado no capítulo.

Este ícone indica Objetos Educacionais Digitais relacionados aos conteúdos do livro.

Sumário

Capítulo 7

224

Introdução às transformações químicas

Capítulo 8

252

Quantidades nas transformações químicas

Capítulo 9

274

Ligações químicas, interações intermoleculares e propriedades dos materiais

Sumário — Volume 2

Sumário – Volume 3

O que você vai estudar neste volume

Vamos aprender Química falando e fazendo Química?

Neste livro, procuramos abordar temas que julgamos fundamentais para a construção de uma base conceitual que possibilite uma visão de conjunto da Química. Procuramos abordar esses temas de forma contextualizada, buscando articular a construção do conhecimento químico e sua aplicação a problemas sociais, ambientais e tecnológicos.

Ele está estruturado em torno de **três temas fundamentais**, cuja relação pode ser ilustrada com a figura A.1. Esse triângulo expressa, esquematicamente, a ideia de que a Química é uma ciência que estuda as propriedades, a constituição e as transformações das substâncias e dos materiais. Nesse mundo tecnológico em que vivemos, **o químico é um grande “artífice da matéria”**, pois é capaz de **transformá-la** para obter produtos com **constituição** e **propriedades** específicas que permitem sua utilização para finalidades bem determinadas.

As mudanças que ocorreram nas carrocerias dos automóveis nos últimos anos são um exemplo que pode ajudar você a entender como a Química funciona e como se relacionam os focos de interesse dessa ciência. Se você comparar um automóvel construído nas décadas de 1960 ou 1970 com um construído hoje, poderá verificar que nos antigos quase todas as peças da lataria eram feitas de **metal**: os para-choques, as saias dos para-lamas, o painel, etc. Nos carros atuais, a maioria dessas peças de metal foi substituída por peças de plástico, ainda que a pintura metálica aplicada sobre elas esconda sua verdadeira **natureza**. Essas mudanças têm várias vantagens econômicas (os plásticos são mais baratos e mais leves do que os metais) e de segurança (os plásticos se desmancham mais facilmente no caso de colisões).

Figura A.1
Triângulo 1 – focos de interesse da Química.

A substituição dos metais por plásticos só foi possível graças às pesquisas científicas desenvolvidas pelos químicos. Em 1951, dois químicos, trabalhando para uma companhia norte-americana, fabricaram pela primeira vez o polipropileno. **Transformaram** o gás propileno em um sólido que se assemelhava a uma bala “puxa-puxa”. Os vários tipos de polipropileno são usados na fabricação de muitas peças de automóvel, incluindo os já citados para-choques e saias dos para-lamas, e painéis, caixas de bateria, tapetes, etc. Muitos materiais podem ser descobertos acidentalmente, mas a pesquisa por esses materiais normalmente segue uma certa sequência lógica, a qual é possível determinar previamente.

Fotos: Bruce Benedict/Transtock/Cobris/Latinstock

Figura A.2
A Química ajudou a desenvolver novos materiais que tornaram os automóveis mais baratos, mais econômicos e mais seguros.

A indústria, nesse caso a automobilística, estabelece quais seriam as **propriedades** ideais dos materiais que poderiam substituir os metais na fabricação dos carros. Com isso, solicita dos cientistas a síntese dos materiais que possuam tais propriedades.

Os químicos, especialistas que conhecem essas propriedades, já tinham ideia de um grupo de **materiais** que possuía propriedades semelhantes àquelas solicitadas pela indústria: os polímeros (nesse caso particular, o polipropileno). Conhecendo a **constituição** desses materiais e como obtê-los por meio de **transformações químicas**, foram capazes então de desenvolver variedades desse polímero adequadas especificamente às necessidades da indústria automobilística.

Marco de Bari/Arquivo da editora

Izmostock/Alamy/OtherImages

Figura A.3
Os automóveis do final do século XX são repletos de peças fabricadas com diferentes variedades de polipropileno.

Neste livro você vai começar a estudar Química pelas **propriedades das substâncias e dos materiais**. No capítulo 1, vai conhecer um pouco mais sobre a Química, suas ramificações e utilizações na sociedade. Em seguida, nos capítulos 2 e 3, vai ser apresentado a algumas propriedades dos materiais que interessam ao estudo da Química: densidade, temperatura de fusão, temperatura de ebulição e solubilidade. Vai entender como funcionam certos aparelhos simples, que utilizam o conceito de densidade no seu funcionamento, como os densímetros, utilizados em postos de gasolina. No capítulo 4 você vai estudar como essas propriedades estão relacionadas a atividades sociais e problemas ambientais, como o destino do lixo doméstico, a purificação de rejeitos industriais, etc.

Marco de Bari/Arquivo da editora

Figura A.4
Por meio do estudo das propriedades dos materiais, você vai saber mais sobre problemas ambientais e suas soluções.

Nos capítulos 5, 6 e 9 você vai estudar a **construção de modelos**. No capítulo 5 construiremos modelos para as substâncias nos diferentes estados físicos; no capítulo 6, modelos para os átomos e, no capítulo 9, modelos para os materiais e substâncias. Assim você entenderá um pouco melhor a **constituição das substâncias e materiais** e poderá explicar suas propriedades, que foram estudadas nos capítulos 2 e 3.

Você vai ser convidado a entrar num novo mundo – o da construção dos modelos para a matéria – e percorrer a História, ao longo dos séculos XIX e XX, de como esses modelos foram propostos. Vai ler sobre descobertas sensacionais, como a dos raios X e da radiação nuclear, estudar fenômenos interessantes, como o de soluções contendo substâncias químicas que liberam luz colorida ao serem colocadas numa chama, e entender um pouco mais sobre a natureza da matéria e da luz. Ao longo do capítulo 6, você vai entender como o modelo atual, para a estrutura do átomo, explica a tabela periódica dos elementos químicos e como esta é uma incrível síntese das propriedades e da reatividade dos elementos, tornando mais fácil a compreensão da arquitetura básica de todos os materiais conhecidos pelo ser humano.

Paul Maguire/Alamy/OtherImages

Figura A.5
A descoberta dos raios X revolucionou a Medicina.

Os capítulos 7 e 8 são dedicados às **transformações das substâncias e dos materiais**. Neles você vai estudar justamente aquilo que mais interessa aos "artífices da matéria": **as reações químicas**.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura A.6
Muitas reações químicas proporcionam um belo espetáculo.

Acreditamos que, ao traduzir os resultados de pesquisas em sala de aula em uma proposta curricular e didática **para o ensino da Química**, estamos contribuindo para a melhoria da educação em nossas escolas e para a formação de cidadãos aptos a participar da nossa sociedade e a transformá-la, preservar o ambiente e lutar pela melhoria da qualidade de vida de todos os brasileiros.

CAPÍTULO

1 O que é Química?

CONTEÚDO DIGITAL

O que a Química estuda? Que tipos de fenômenos essa ciência pretende investigar e explicar? Por que e para que estudar Química?

É possível que você já tenha se perguntado isso. Mas a nossa intenção é iniciar uma discussão acerca dessas questões sem esgotar o assunto logo de imediato. Isso porque acreditamos que algumas das respostas só virão ao longo deste curso.

É por isso que, em vez de fornecer as respostas, queremos convidá-lo a participar coletivamente do processo de elaboração delas — ainda que provisórias —, que servirá para esclarecer essas e outras questões. Para isso, a sua participação é fundamental. Vamos começar?

Pagina/Shutterstock/Glow Images

Kzenon/Shutterstock/Glow Images

Você já pensou em quantas situações do seu cotidiano a Química está presente?

Figura 1.1 Do cultivo do trigo à fabricação e comercialização de pães, por exemplo, a Química está presente em vários momentos do nosso dia a dia.

atividade 1

Elaborando e debatendo ideias sobre a Química

A1 Escreva em seu caderno as ideias que a palavra “química” lhe sugere.

A2 Forme um grupo com alguns colegas e apresentem suas ideias uns aos outros. Tentem identificar as opiniões comuns e as diferentes entre os componentes do grupo. Depois, escrevam no caderno um resumo dos resultados dessa discussão.

A3 O texto da figura 1.2 foi retirado de uma propaganda de loção repelente de mosquitos. Leiam-no atentamente. Em seguida, analisem-no criticamente enfatizando a relação entre as expressões “totalmente natural” e “sem química”. Lembrem-se de que criticar significa examinar para evidenciar qualidades e/ou defeitos.

A4 Deem exemplos de materiais utilizados na fabricação de automóveis.

A5 Tendo em vista os exemplos que você e seus colegas de grupo forneceram na questão anterior, indiquem quais dos materiais sugeridos são obtidos diretamente da natureza.

A6 Ainda com base nos exemplos dados na questão A4, indiquem quais materiais são obtidos com a transformação de recursos naturais não renováveis.

A7 Leiam o Texto 1 deste capítulo, anotando no caderno suas dúvidas, concordâncias e discordâncias para uma discussão em classe.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 1.2
Loção repelente à base de citronela.

Sem química nem mosquitos

Esta loção repelente é totalmente natural, feita à base de citronela, uma planta originária da Indonésia que tem um óleo do qual os mosquitos nem chegam perto. Além de repelente, a loção contém hidratantes e filtro solar.

projeto 1

Pesquisando, selecionando, organizando e apresentando informações

Neste projeto você e seus colegas de grupo deverão pesquisar, selecionar e organizar informações que os auxiliem a responder a questões, a identificar, informar e apresentar dados, e a realizar atividades relacionadas a um dos seguintes temas:

TEMA 1 O que faz um químico?

- Quais são as áreas de atuação de um químico?
- Em que tipos de instituições esses profissionais podem trabalhar?

- Que conhecimentos básicos são necessários para atuar profissionalmente como químico?

TEMA 2 Químicos brasileiros

- Identifiquem um químico brasileiro que esteja atuando na universidade ou na indústria.
- Informem sua área de atuação.
- Apresentem uma breve biografia desse profissional, destacando sua trajetória e sua atividade atual nessa profissão.
- Enviem um *e-mail* e perguntem como ele se interessou pela Química.

Laura Doss/Corbis/Latinstock

Figura 1.3
Os químicos podem atuar em diversas áreas.

TEMA 3 Investigando o processo de fabricação do pão francês

- Quais são os ingredientes utilizados na fabricação do pão francês?
- De que o fermento é constituído?
- Qual a função do fermento?
- Procurem uma representação para a transformação que ocorre com o fermento durante a fabricação do pão.
- Existe diferença entre o fermento químico e o biológico? Em caso afirmativo, qual?
- Algum aditivo químico pode ser utilizado nesse processo? Em caso afirmativo, com qual objetivo?
- Identifiquem um fenômeno que ocorre no processo de fabricação do pão francês.

TEMA 4 Investigando o processo de fabricação do ferro

- Qual a constituição do minério do qual se extrai o ferro?
- Quais são as principais propriedades e aplicações desse metal?
- O que é o ferro-gusa?
- Qual o significado, do ponto de vista socioeconômico, da exploração do minério de ferro?
- Que problemas ambientais a exploração do minério de ferro pode acarretar?
- Procurem uma representação (na forma de equação química) para a transformação que ocorre no processo de obtenção do ferro metálico.
- Identifiquem um fenômeno que ocorre no processo de fabricação do ferro.

Marcos Rosa/Arquivo da editora

Figura 1.4
Trabalhadores em siderúrgica.

TEMA 5 Processos de Produção Mais Limpa (P+L)

- O que é Produção Mais Limpa?
- Identifiquem um processo de produção que tenha sido reorganizado pela metodologia da Produção Mais Limpa e que tenha relação com a Química, no todo ou em parte.

- Como era o processo antes da reorganização?
- O que foi alterado nesse processo para que ele se tornasse uma Produção Mais Limpa?
- Identifiquem um fenômeno que ocorre nesse processo.

TEMA 6 A Química sustentável ou Química verde

- O que é Química sustentável ou Química verde?
- Listem os princípios da Química verde.
- Identifiquem um processo de produção que leve em conta os princípios da Química sustentável.
- Determinem a constituição de um dos produtos envolvidos no processo identificado no item anterior.
- Apresentem as propriedades desse produto.
- Identifiquem um fenômeno que ocorre nesse processo.

TEMA 7 Ciclo de vida de uma embalagem

- O que é o ciclo de vida de uma embalagem?
- Selecionem uma embalagem de um produto e construam seu ciclo de vida.
- Identifiquem as propriedades que caracterizam os materiais que deram origem a essa embalagem.
- Representem, utilizando equações químicas, pelo menos uma das transformações envolvidas na obtenção do material que constitui essa embalagem.
- Identifiquem um fenômeno que ocorre no ciclo de vida dessa embalagem.

Avits/Arquivo da editora

Figura 1.5
Este símbolo indica que um material é reciclável.

Orientações para realização do projeto

Depois de coletar as informações, vocês deverão apresentar, de acordo com o cronograma definido com o professor, um resumo dos dados obtidos em sala de aula. Considerem as seguintes orientações:

P1 Façam um rascunho do plano de trabalho e apresentem-no ao professor.

P2 Realizem o trabalho de campo, ou seja, a coleta de informações necessárias, com o objetivo de responder às questões que foram formuladas.

P3 Organizem as informações obtidas e planejem uma forma de apresentá-las aos colegas. Lembrem-se de que a discussão em sala tem como objetivo a socialização das informações que cada grupo obteve durante o desenvolvimento do trabalho. Portanto, é fundamental que a apresentação seja organizada e clara. É importante também que cada grupo tenha cuidado para não a tornar cansativa. Assim, abordem os aspectos que vocês compreenderam melhor e escolham estratégias que despertem o interesse de seus colegas pelo assunto.

texto 1

Química: bicho de sete cabeças?

> "Não saco nada de Física / Literatura ou Gramática / Só gosto de Educação Sexual / E eu odeio Química, Química, Química!"
>
> RUSSO, Renato. Química (1981). *Que país é esse?*. Faixa 5, 1987.

A música "Química", escrita pelo compositor Renato Russo e gravada pelo grupo Legião Urbana em 1987, talvez sintetize o sentimento de parte considerável dos estudantes em relação à Química estudada nas escolas de Ensino Fundamental e Médio. Em tempos de "geração saúde", a química é considerada uma grande vilã. Cada vez é mais comum encontrarmos o chamado "produto natural", cujo rótulo tem a informação: "Não contém produtos químicos". É frequente ainda ouvirmos frases como: "Não coma isso, é pura química!".

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 1.6
Fachada de padaria que destaca a produção de pão "sem química".

Por que a palavra "química" é usada nesses contextos? Será que a Química realmente contribui para envenenar as pessoas em nossa sociedade industrial? Será essa ciência um bicho de sete cabeças, que chega a tirar o sono dos estudantes em véspera de prova?

Comendo e respirando Química

Podemos afirmar que a Química é uma ciência constituída de três aspectos básicos: os **fenômenos**, as **teorias e modelos** e as **representações**.

Triângulo 1

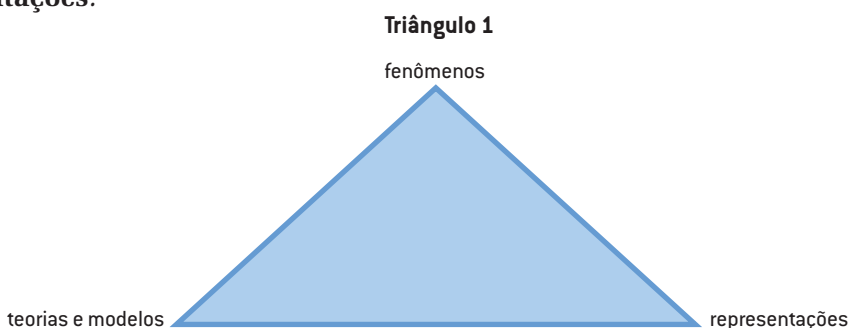



Figura 1.7
Aspectos a serem considerados na compreensão da Química.

Por fenômenos químicos entendemos os fatos relacionados aos materiais e às suas transformações. Eles tanto podem ocorrer na natureza como ser produzidos em uma situação artificial de laboratório ou em escala industrial.

Falar sobre os produtos vendidos em supermercados, ou sobre o consumo de gasolina de um automóvel, por exemplo, é tratar de fenômenos químicos. As relações sociais que se estabelecem por meio da Química comprovam sua presença em nosso dia a dia.

O que nos mantém vivos é o conjunto de substâncias químicas que constituem os alimentos que consumimos diariamente – como aminoácidos, carboidratos, lipídios, sais minerais e vitaminas –, sejam eles obtidos da natureza ou não. Diversas substâncias químicas são produzidas continuamente em nossas células, que são sofisticados "laboratórios" de síntese. As plantas, que fazem parte da nossa alimentação, também fabricam substâncias químicas. Com o gás carbônico, a água e a luz solar, elas sintetizam substâncias constituintes de alimentos, como verduras e frutas, e produzem o oxigênio, elemento essencial à vida.

Marco de Bari/Arquivo da editora

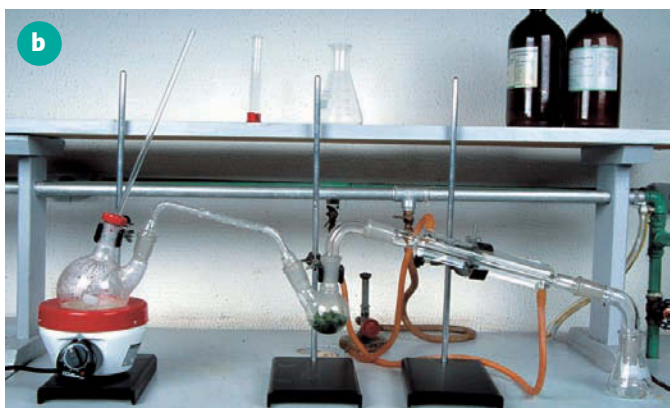
Alexandre Tokitaka/Arquivo da editora

Figura 1.8
Fenômenos de interesse da Química podem ser observados em postos de gasolina ou supermercados.

João Magara/ Arquivo da editora

Figura 1.9
Pirâmide de alimentos que contêm aminoácidos, carboidratos, lipídios, sais minerais e vitaminas.

Ao discutirmos as questões preliminares, pudemos constatar que, no dia a dia, utilizamos um número considerável de diferentes materiais. O repelente de mosquitos do anúncio (figura 1.2), por exemplo, tem como princípio ativo um produto natural: um óleo extraído da citronela por intermédio de técnicas desenvolvidas pelos químicos. Esse óleo é constituído de uma ou mais substâncias químicas.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Sergio Dotta Jr./Arquivo da editora

Figura 1.10
a) Planta de citronela.
b) Materiais usados na extração do óleo de citronela.
c) Óleo de citronela.

Entretanto, a maioria dos materiais que utilizamos não é obtida diretamente da natureza, mas sim por meio de transformações de recursos naturais não renováveis. É o caso de vários metais (como ferro, alumínio e manganês) e dos derivados de petróleo (combustíveis, plásticos, fios e fibras sintéticas, borrachas e tintas, por exemplo).

José Carlos de Moraes/Arquivo da editora

Figura 1.11
A obtenção de objetos de metal e plástico envolve transformações de recursos naturais não renováveis.

Teorias e modelos: sobre o diálogo dos químicos com os fenômenos

Para entender os fenômenos que ocorrem à nossa volta, os químicos dispõem de teorias e modelos muito úteis, que podem ser usados para entender as propriedades dos materiais e permitir a descoberta de novos fenômenos. Além de fornecer as bases para a interpretação da realidade física, as teorias e os modelos possibilitam ao ser humano compreender aspectos do mundo de forma totalmente nova, com a vantagem de lhe fornecer indicações dos principais caminhos a seguir. Muitas substâncias novas sintetizadas em laboratório envolvem o planejamento do processo de síntese com o auxílio de ferramentas teóricas.

Ruaridh Stwart/New Sport/Corbis

Figura 1.12
Atleta usando prótese feita com fibra de carbono durante competição. Esse é um exemplo de material desenvolvido com base em conceitos da Química para melhorar a qualidade de vida das pessoas.

Para expressar fenômenos e teorias e divulgá-los a outros cientistas e ao público em geral, foi necessário elaborar uma linguagem da Química, o que gerou uma série de **representações**. Essa linguagem às vezes toma de empréstimo termos do dia a dia, com alterações de seu significado. Palavras como "substância", "reação", "equilíbrio" têm, para um químico, significados distintos daqueles que normalmente usamos. O químico se utiliza também de símbolos, fórmulas e equações químicas para representar substâncias e fenômenos.

Ao longo deste curso, você terá oportunidade de compreender melhor essas explanações iniciais e de aprender a dialogar usando as representações dos químicos.

O que a Química estuda?

A Química tem como objetos de investigação as **propriedades**, a **constituição** e as **transformações** das substâncias e dos materiais. A figura a seguir representa as inter-relações entre os focos de interesse da Química.

Triângulo 2

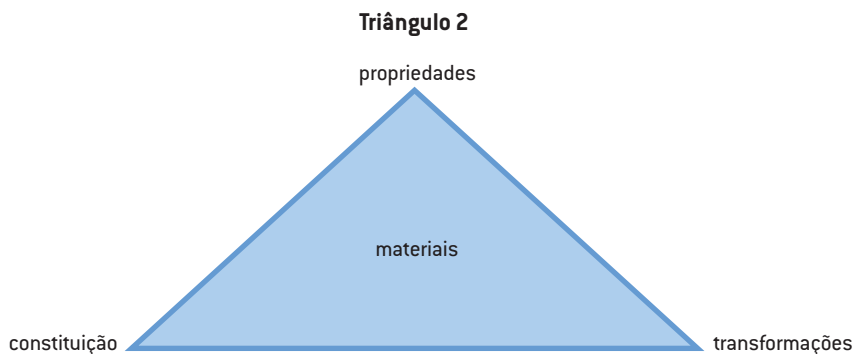



Figura 1.13
Focos de interesse da Química.

O conhecimento das substâncias e dos materiais diz respeito a suas propriedades, como dureza, ductibilidade, temperaturas de fusão e ebulição, solubilidade, densidade e outras, passíveis de ser medidas e que possuem uma relação direta com o uso que se faz dos materiais. Para compreender o comportamento dos materiais, alguns conhecimentos químicos são importantes: aqueles que envolvem os diversos modelos para o átomo e como esses átomos interagem para formar moléculas e íons, e ainda como essas moléculas, átomos e íons se agrupam para formar as substâncias e os materiais que conhecemos. Esses conhecimentos fornecem subsídios para a compreensão, o planejamento e a execução das transformações dos materiais. Estabelecer inter-relações entre esses três aspectos nos parece fundamental para que se possam compreender vários tópicos de conteúdo da Química.

Vivemos em uma época em que é muito comum o uso de materiais sofisticados, destinados a atividades cada vez mais específicas. A sociedade tecnológica exige das ciências dos materiais respostas precisas e específicas às suas demandas. A Química, ciência importante na concepção de novos materiais, pode oferecer respostas a essa diversidade de demandas, pelo conhecimento sobre a constituição, as propriedades e as transformações das substâncias.

A produção e a utilização dos materiais têm, entretanto, provocado diversos problemas ambientais. Essa é uma preocupação recente e representa um desafio também para os químicos.

Nossa proposta de Química para o Ensino Médio busca contemplar aspectos conceituais fundamentais que permitam a compreensão da constituição, das propriedades e das transformações dos materiais, destacando as implicações sociais relacionadas à sua produção e uso.

Esperamos que as atividades e os textos propostos neste livro motivem seu interesse pelo estudo dessa ciência.

na internet

<www.sbq.org.br>

A Sociedade Brasileira de Química (SBQ) reúne os químicos brasileiros ligados à pesquisa. Você vai encontrar 13 divisões científicas que constituem a SBQ e as publicações *Química Nova* e *Química Nova na Escola*. Acesso em: 16 ago. 2012.

<www.pjf.mg.gov.br/agenda_jf/producao_limpa/guia-da-pmaisl.pdf>

Página em que pode ser encontrado o Guia da Produção Mais Limpa, que tem como objetivo contribuir para tornar as empresas brasileiras mais eficientes e competitivas, buscando continuamente a minimização dos impactos ambientais. Acesso em: 9 out. 2012.

<www.abq.org.br/>

A Associação Brasileira de Química (ABQ) reúne profissionais e instituições que visam à promoção, à difusão do conhecimento, da educação e da melhoria da qualidade de vida por meio da Química. Acesso em: 29 fev. 2013.

CAPÍTULO

2 Introdução ao estudo das propriedades específicas dos materiais

Como vimos no capítulo 1, a Química estuda os materiais, naturais ou sintéticos, e as transformações que eles possam sofrer.

Neste capítulo, vamos discutir algumas questões relacionadas ao modo de utilização dos diferentes materiais para estabelecer relações entre seu uso e suas propriedades.

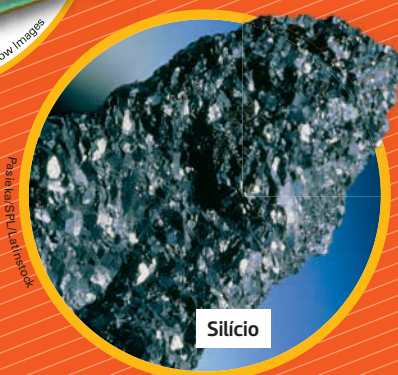
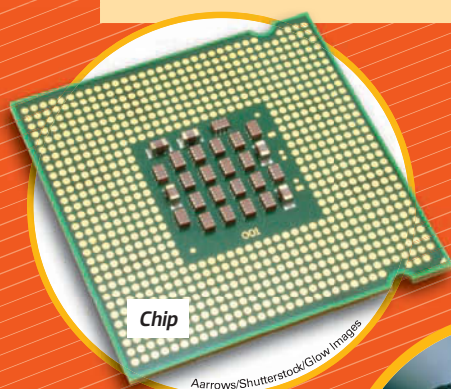
Chip

Aarrows/Shutterstock/Glow Images

Silício

Pasieka/SPL/Latinstock

Cabos de aço

GoodMood Photo/Shutterstock/Glow Images

É pela transformação dos materiais que conseguimos obter produtos com constituição e propriedades específicas, como o uso do silício na fabricação de *chips* de computadores e de ligas metálicas na produção de cabos de aço.

Paulo Fridman/Pulsar Imagens

Figura 2.1 O modo como usamos os materiais está diretamente relacionado às suas propriedades. O mesmo material pode ser usado de diferentes maneiras na construção civil, por exemplo. Na foto principal, ponte estaiada sobre a marginal Pinheiros, São Paulo, SP, 2011.

atividade 1

Definindo critérios para a seleção de materiais

A1 Acetona, água, ferro, gás de cozinha, gasolina, gesso, hidrogênio, tecido sintético elástico, oxigênio, ouro, papelão, plástico duro (polipropileno), vidro comum e vinagre constituem exemplos de materiais diferentes com características distintas.

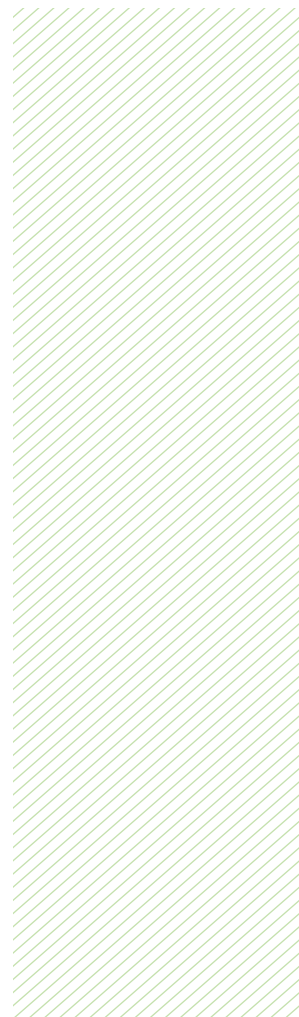
a) Suponham que vocês sejam encarregados de selecionar materiais para a fabricação de para-choques de automóveis. Entre os materiais relacionados acima, quais poderiam ser utilizados com essa finalidade?

b) Indiquem os materiais mais adequados, mencionando os critérios que vocês consideraram nesta seleção.

c) Classifiquem os materiais listados acima de acordo com os seguintes critérios:

- materiais que possuem massa;
- materiais que ocupam espaço.

A2 Critérios como "possuir massa" e "ocupar espaço" podem ser utilizados na classificação ou diferenciação de materiais? Por quê?

A3 Propriedades específicas dos materiais são aquelas que permitem diferenciá-los. Relacionem alguma propriedade específica que vocês conheçam.

texto 1

Uso de materiais e suas propriedades

Na primeira questão da Atividade 1, ao justificar o uso de materiais para uma finalidade determinada – no caso, a fabricação de para-choques de automóveis –, você pôde associar, a cada critério utilizado na escolha, uma propriedade do material.

Na questão A2, você constatou que algumas propriedades, como massa e volume, são comuns a todos os materiais. Essas particularidades são conhecidas como **propriedades gerais** (ou **não características**), e não permitem diferenciar os materiais.

Car Culture/Corbis/Latinstock

Figura 2.2
Para escolher materiais adequados para a fabricação de para-choques de automóveis, você deve ter considerado as propriedades dos materiais.

Ao discutir a Atividade A1, você pôde reconhecer alguns exemplos de **propriedades específicas dos materiais**, como o **estado físico**, a **tenacidade** (resistência a impactos e a alongamentos), a **resistência à oxidação** e a **solubilidade em água**. Essas propriedades não são comuns a todos os materiais relacionados. O custo de produção, mesmo não constituindo uma propriedade, é um critério normalmente considerado tanto por quem produz o objeto quanto por quem o adquire. As ligas de ouro, por exemplo, atendem a todos os critérios necessários para a fabricação de para-choques de automóveis, mas tornariam o produto muito mais caro.

2

EXERCÍCIOS

E1. Cite quatro materiais diferentes que podem ser usados para fabricar panelas. Em seguida, indique as propriedades comuns a esses materiais.

E2. Indique as vantagens e desvantagens de cada um dos materiais citados no exercício anterior no que diz respeito ao:

a) gasto de energia no cozimento dos alimentos, fator relacionado ao tempo necessário para aquecer a panela;

b) tempo necessário para que a panela esfrie.

E3. Indique as propriedades específicas que justificam o uso dos seguintes materiais:

a) vidro na fabricação de para-brisas de automóveis;

b) cobre na fabricação de fios elétricos;

c) aço inoxidável na fabricação de talheres;

d) borrachas na fabricação de pneus de automóveis.

texto 2

A importância das propriedades específicas dos materiais

Na discussão suscitada pelas questões da Atividade 1 e pelos exercícios do Texto 1, você pôde reconhecer que o modo como usamos os materiais está intimamente relacionado às suas propriedades específicas. Além disso, você constatou que essas propriedades são importantes na diferenciação ou identificação de materiais.

As propriedades específicas que reconhecemos com os órgãos dos sentidos, como o **estado físico**, a **cor**, o **odor**, a **transparência**, o **brilho**, etc. são conhecidas como **propriedades organolépticas**.

Charles D. Winters/Photo Researchers/Getty Images

Figura 2.3
Com os nossos sentidos, somos capazes de reconhecer as propriedades organolépticas dos materiais.

Desde crianças aprendemos a distinguir materiais e objetos que fazem parte de nossa vida cotidiana pelas propriedades organolépticas. Portanto uma maneira simples de distinguir objetos de cobre daqueles de alumínio é pela cor característica de cada um desses dois metais. Entretanto, muitas vezes deparamos com materiais que não podem ser reconhecidos apenas por essas propriedades. Se você precisasse distinguir dois líquidos incolores, sabendo que um deles é água pura e o outro água com veneno, certamente não se arriscaria a beber ou cheirar os líquidos para diferenciá-los.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 2.4
Como diferenciar dois líquidos incolores desconhecidos sem correr nenhum risco?

O mais adequado nessa situação seria usar, como critério de diferenciação entre os líquidos, **propriedades físicas** como a **densidade**, a **solubilidade**, a **temperatura de fusão** e a **temperatura de ebulição**. Essas propriedades estão associadas a valores medidos, o que garante maior precisão na identificação ou diferenciação de materiais.

Por exemplo, o ouro puro tem densidade equivalente a 19,3 g/cm^3. Uma liga de ouro e cobre apresenta um valor menor de densidade, uma vez que a densidade do cobre é quase a metade da densidade do ouro.

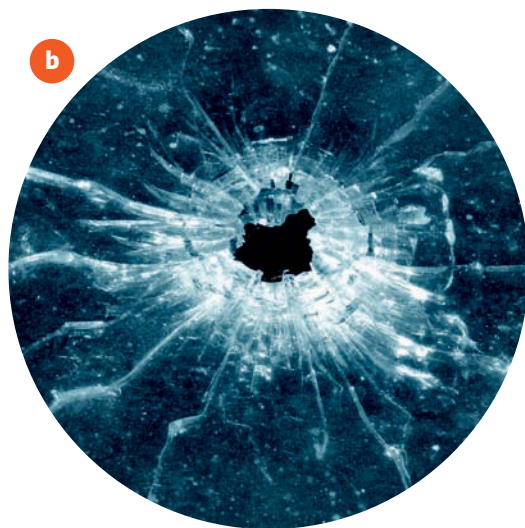
Existe um conjunto de propriedades físicas, conhecidas como propriedades mecânicas, diretamente relacionadas à aplicação de determinados materiais. Assim, pode-se dizer que o ferro apresenta resistência ao impacto superior àquela oferecida pelo vidro.

Shalunts/Shutterstock/Glow Images
Oriontrail/Shutterstock/Glow Images

Figura 2.5
O ferro (a) apresenta maior resistência a impactos que o vidro (b).

Sabemos também que certos tipos de vidro podem oferecer maior resistência ao impacto que outros. A tenacidade é uma propriedade que diz respeito à forma ou facilidade com que um corpo se quebra ou se dobra e está relacionada à resistência de um material. Portanto, a tenacidade passa a ser uma propriedade importante na escolha do tipo de vidro quando a resistência for um dos aspectos considerados. Esse tipo de vidro é normalmente utilizado em carros que transportam valores (dinheiro, por exemplo), já que é bem mais resistente a impactos do que o vidro comum. Mas, em razão da violência urbana, seu uso em carros de passeio tem aumentado consideravelmente.

Alexandre Santana/Arquivo da editora

Heloisa Bortz/Arquivo da editora

Fábio Mangabeira/Arquivo da editora

Figura 2.6
O mesmo material pode também apresentar propriedades mecânicas diferentes. a) Vidro blindado e vidro comum. b) Vidro comum estilhaçado por um tiro. c) Vidro blindado com marcas de tiros.

As propriedades mecânicas podem ser indicadas por valores, que podem ser medidos desde que se estabeleçam condições para isso. No exemplo da resistência de vidros ao impacto, poderíamos determinar essa resistência soltando um objeto de forma e peso determinados sobre pedaços de vidro de mesma forma e tamanho. A altura-limite da qual o objeto caísse sem que o vidro se quebrasse seria definida como sua resistência ao impacto. Usando vidros diferentes, poderíamos determinar uma escala de resistência ao impacto para uma mesma espessura e diferentes tipos de vidros ou para diferentes espessuras de um mesmo tipo de vidro. Quanto maior a altura da qual fosse solto o objeto, maior a resistência do vidro. Poderíamos ainda variar o peso do objeto e manter a altura da qual ele é solto.

EXERCÍCIO

E4. Proponha um teste para medir as seguintes propriedades mecânicas:

a) a resistência de cabos de aço à tração;

b) a resistência de estampas de tecido à lavagem.

Densidade: propriedade geral ou específica?

A densidade é uma propriedade utilizada na identificação dos materiais e nos procedimentos de separação de misturas. Os densímetros dos postos de gasolina, por exemplo, possibilitam ao consumidor comprovar a qualidade do álcool que está sendo vendido. Se o combustível estiver fora das especificações, com maior quantidade de água que o permitido, a diferença será indicada pelo densímetro.

Marco de Bari/Arquivo da editora

Figura 2.7
Densímetro usado em posto de gasolina.

As cooperativas de leite usam um recurso semelhante para constatar se houve adulteração.

Quase todas as atividades mineradoras usam essa propriedade para separar minérios. Os garimpeiros movimentam a bateia em círculos para separar o ouro do cascalho. Com isso, o cascalho, menos denso, desloca-se para as extremidades da bateia, enquanto o ouro, mais denso, deposita-se no centro.

Empresas recicladoras de plásticos originados da coleta seletiva de lixo usam a água para separar os objetos mais densos, que afundam, dos menos densos, que flutuam.

Neste capítulo, vamos discutir essa propriedade dos materiais e várias de suas aplicações.

Hiroto Yoshioka/Arquivo da editora

Figura 2.8
Densímetro utilizado nas cooperativas de leite.

Gladistone Campos/Arquivo da editora

Figura 2.9
Com o movimento da bateia, o cascalho, de menor densidade, afasta-se para as bordas, enquanto o ouro, de maior densidade, permanece no centro.

Alan Towse; Ecoscene/Corbis/Latinstock

Figura 2.10
Plástico sendo reciclado em empresa recicladora.

atividade 2

Determinando a densidade de materiais

2

Vocês vão receber do professor um bloco de madeira cuja massa, em gramas (g), deverá ser determinada.

PARTE A ⇢ **Material**

Blocos de madeira de diferentes tamanhos.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 2.11
Seu grupo vai determinar a densidade de um desses blocos de madeira.

PARTE B ⇢ **O que fazer**

A4 Indiquem em um desenho as medidas que deverão ser efetuadas para a determinação do **volume** desse objeto.

A5 Determinem as medidas assinaladas na Atividade A4 e, com base nos valores encontrados, calculem o volume do pedaço de madeira. Que unidade deverá ser utilizada para indicar corretamente a medida efetuada?

A6 Construam no caderno um quadro identificando o número da amostra, a medida de sua massa em gramas e a medida do seu volume em cm^3. O quadro deve ter um número de linhas que permita anotar todas as medidas encontradas pelos seus colegas e relacionadas na lousa pelo professor.

A7 Construam no caderno outro quadro identificando, na primeira coluna, o número da amostra; na segunda, a soma de sua massa com seu volume ($m + V$); na terceira, o produto de sua massa com seu volume ($m \times V$); e na quarta, a razão entre sua massa e seu volume (m/V). Façam os cálculos necessários para preencher o quadro.

Questões

Q1. Em qual das três operações matemáticas resolvidas foi obtido aproximadamente o mesmo valor para todos os blocos de madeira?

Q2. Esse valor constante corresponde a uma propriedade conhecida como **densidade**. Observando os valores obtidos nos quadros (Atividades A6 e A7), tentem explicar por que massa e volume são chamados de propriedades gerais dos materiais, enquanto a densidade é conhecida como propriedade específica.

Q3. No quadro 2.1 estão relacionadas oito medidas de massa e volume que foram efetuadas com pedaços de ferro de tamanhos diferentes. Calculem a densidade (em g/cm³) de cada pedaço usando a relação *m/V*. Copiem o quadro 2.1 no caderno, colocando em uma quarta coluna o valor da densidade (*d* em g/cm³) de cada amostra.

Q4. As massas de duas das amostras relacionadas no quadro 2.1 foram medidas em balanças descalibradas. Quais são elas? Justifiquem.

Q5. Determinem o valor médio da densidade do ferro. Desprezem as medidas que vocês indicaram no item anterior.

Amostra nº	Massa (*m* em g)	Volume (*V* em cm³)
1	79,0	10,0
2	156,0	20,0
3	118,0	15,0
4	255,0	25,0
5	235,0	30,0
6	316,0	40,0
7	320,0	35,0
8	39,0	5,0

Quadro 2.1
Valores de massa e volume para pedaços de ferro com tamanhos diferentes.

atividade 3

Densidade e flutuação dos objetos

Construam no caderno um quadro com quatro colunas. Na primeira linha, indiquem os títulos de cada coluna: **Objeto**, **Classificação**, **Teste** e **Justificativa**. Na coluna dos objetos, escrevam o nome dos **que serão usados** na atividade. Para cada objeto **classificado**, vocês deverão **justificar** o critério de seleção. Deixem a coluna **Teste** em branco. Ela será preenchida posteriormente.

Seu professor vai selecionar alguns objetos para esta atividade. Vocês deverão classificá-los em dois grupos: aqueles que, na sua opinião, vão **flutuar** quando colocados num recipiente com água e aqueles que, na mesma situação, vão **afundar**.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 2.12
Exemplos de objetos que podem ser utilizados no teste de flutuação.

Testando as classificações

Agora vocês vão testar, com o professor, a classificação de cada objeto colocando um de cada vez dentro de uma vasilha de vidro com água. Anotem no espaço apropriado do quadro o resultado de cada teste.

A8 Comparem as justificativas apresentadas no quadro com os resultados obtidos pelos testes. Quais não foram confirmadas?

A9 Vocês seriam capazes de formular uma regra geral que permitisse prever quais objetos flutuariam e quais afundariam na água, tendo em vista o comportamento dos seguintes objetos: blocos de madeira (um pequeno e um grande), um clipe de metal e um pedaço de cano de ferro? Justifiquem.

A10 Anotem a justificativa geral apresentada pelo professor após a discussão da Atividade A9. Em que ela difere da sugerida por vocês?

A11 A tampinha de metal, a lâmina de barbear, a folha e a bolinha de papel-alumínio são feitas de materiais mais densos que a água e, no entanto, flutuaram. Isso pode acontecer sob certas condições. Por exemplo, a lâmina de barbear pode flutuar se for colocada paralelamente à superfície da água com cuidado. Tentem analisar cada caso, apresentando justificativas que conciliem o fato observado com a justificativa geral dada em A10.

A12 Como a forma dos objetos influi para que eles flutuem ou não? Discuta com seus colegas de grupo para responder a esta questão.

2

EXERCÍCIOS

E5. A figura ao lado ilustra três balões numa sala cheia de ar. Os gases usados para encher os balões foram os seguintes: hidrogênio (d = 0,0899 g/L), nitrogênio (d = 1,25 g/L) e oxigênio (d = 1,43 g/L). As densidades dos gases foram determinadas à pressão de 1 atm e à temperatura de 20 °C.

a) Considerando a densidade do ar 1,20 g/L, identifique o gás do balão A. Justifique.

b) Indique em um desenho as posições de cada um dos balões se a sala estivesse cheia de gás carbônico (d = 1,98 g/L).

Figura 2.13
Exercício E5.

E6. A densidade do tetracloreto de carbono (CCl_4), a 20 °C, é 1,6 g/cm^3 e a da água, 1,0 g/cm^3. Os dois líquidos são imiscíveis. Com base nessas informações, desenhe:

a) um tubo de ensaio contendo 1 mL de tetracloreto de carbono e 10 mL de água;

b) outro tubo contendo 10 mL de tetracloreto de carbono e 1 mL de água.

Explique os desenhos.

E7. Desenhe uma bola de ferro e outra de borracha que tenham massas iguais. Explique seu desenho.

E8. Na figura abaixo, os blocos *A* e *B* possuem massas iguais. Qual é o mais denso? Justifique sua resposta.

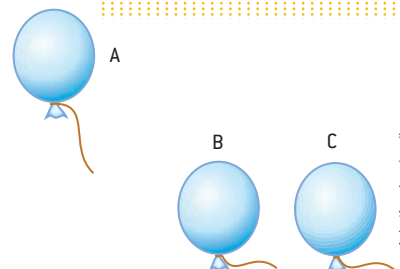
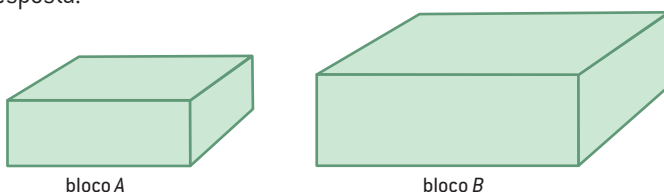



Figura 2.14
Exercício E8.

E9. Uma empresa foi contratada para içar um navio. Pesquisando as características da embarcação, ela constatou que, em sua construção, foram gastas 320 toneladas (t) de aço de densidade igual a 8,0 g/cm^3. A empresa decidiu içar o navio bombeando ar para seu interior.

a) Supondo que o navio seja feito apenas de aço, calcule o volume mínimo de ar necessário para que ele volte a flutuar. Considere a massa do ar desprezível e a densidade da água igual a 1,0 g/cm^3. Registre todos os cálculos.

b) Considerando a densidade do ar igual a 1,20 g/L, qual o valor da massa do ar encontrado no item anterior?

E10. Um cliente forneceu 40 g de ouro para um ourives fazer uma pulseira com uma liga cuja massa fosse 80% de ouro e 20% de cobre. Ao receber a pulseira, o cliente mediu seu volume e encontrou 3,5 cm^3. O ourives foi honesto ou não? Justifique sua resposta por intermédio de cálculos. (Dados: a densidade do ouro é de 20,0 g/cm^3 e a do cobre, de 10,0 g/cm^3).

texto 3

Por que os objetos flutuam ou afundam na água?

Na Atividade 3 tivemos oportunidade de explicar por que determinados objetos flutuam na água enquanto outros afundam. Vimos que os mais densos que a água afundaram e os menos densos flutuaram. Mas você pode não ter percebido esse fato de imediato quando fez a atividade. A seguir, discutiremos algumas ideias que podem ter sido sugeridas para prever a flutuação ou não dos objetos.

É muito comum supormos que objetos pesados afundem e objetos leves flutuem. Ao observarmos o que aconteceu com eles quando colocados em água, entretanto, vimos que isso nem sempre é verdade. O bloco grande de madeira, objeto relativamente pesado, flutuou; enquanto o alfinete, relativamente leve, afundou.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 2.15
A massa isoladamente não serve de critério para prever se os objetos flutuam ou não.

Isso mostra que a massa, isoladamente, não é critério para prever a flutuação ou não dos objetos. Afinal, navios enormes, com toneladas de materiais, flutuam nas águas de mares e rios. Por que isso acontece? Para algumas pessoas, a flutuação nesse caso estaria associada ao fato de que nos rios e mares há grande quantidade de água. Essa ideia também pode ter lhe ocorrido durante a atividade. Assim, poderíamos supor que objetos que não flutuaram no recipiente em que foi feita a prova flutuariam num recipiente maior, como uma piscina. Mas isso também não se mostrou verdadeiro. Portanto a quantidade de água não tem influência sobre a flutuação.

Quais variáveis são importantes na flutuação?

Se a massa isoladamente não é critério para prever se os objetos afundam ou flutuam na água e se a quantidade de água não tem influência sobre a flutuação, que variáveis estariam envolvidas nessa questão?

Para melhorar nossa explicação e as previsões sobre o comportamento dos objetos quando colocados em água, vamos discutir um processo que chamamos de **separação de variáveis**.

Objetos de mesma massa podem ter comportamento diferente em relação à flutuação, o que também ocorre com objetos de mesmo volume. No caso dos objetos de mesma massa, os que flutuam têm maior volume do que os que afundam. Assim, blocos de madeira, que flutuam, têm maior volume, portanto são bem maiores do que blocos de chumbo de mesma massa, que afundam. No caso de objetos com o mesmo volume, os que afundam têm maior massa do que os que flutuam. Finalmente, comparando objetos de um mesmo material, pode-se concluir que, independentemente de sua massa e de seu volume, eles têm o mesmo comportamento em relação à flutuação. É o que acontece com os blocos de um mesmo tipo de madeira: todos flutuam. Por um raciocínio semelhante, concluímos que todos os parafusos de ferro, apesar de possuírem massa e volume diferentes, afundam na água.

EXERCÍCIO

E11. Com base no que você acabou de ler no parágrafo anterior e nas informações do quadro abaixo, responda às perguntas a seguir.

Objeto	Flutuação	Massa	Volume
bloco de madeira	sim	m_1	V_1
bloco de chumbo	não	m_1	V_2
bloco de borracha	sim	m_2	V_3
bloco de ferro	não	m_3	V_3

Quadro 2.2
Exercício E11.

a) Você pode afirmar que V_1 é maior, menor que V_2 ou igual a ele? Justifique sua resposta.

b) Você pode afirmar que m_2 é maior, menor que m_3 ou igual a ele? Justifique sua resposta.

Tudo isso nos leva a concluir que o fato de um objeto flutuar ou não depende do material de que é feito, e não de sua massa ou de seu volume isoladamente. No entanto já obtivemos uma pista importante: no caso dos objetos de mesmo volume, os que afundam têm massa maior que os que flutuam; no caso dos de mesma massa, os que afundam têm volume menor que os que flutuam. Ou seja, a flutuação depende de uma propriedade que relaciona **massa** e **volume**.

Densidade: propriedade específica dos materiais

Analisando as medidas de massa e volume e as relações que estabelecemos entre essas duas grandezas, para os objetos de mesmo material, concluímos que a propriedade que relaciona a massa e o volume é a densidade. Essa propriedade é constante, a uma dada temperatura, para objetos feitos de um mesmo material, independentemente de sua massa, de seu volume ou de sua forma.

Assim, um prego de ferro possui a mesma densidade que uma barra de ferro. Portanto, a densidade é uma propriedade específica, muito útil para a identificação dos materiais, já que cada tipo de material possui uma densidade diferente. Por sua vez, massa e volume são propriedades gerais e não servem, isoladamente, para identificar os materiais.

Figura 2.16
Diferentes objetos feitos de ferro possuem a mesma densidade, porém podem apresentar massa e volume variados.

A unidade utilizada para representar a densidade é o grama por centímetro cúbico (g/cm^3), ou seja, podemos expressar a densidade (d) de um material por meio da relação entre sua massa (m) e por unidade de volume (V):

$$d = \frac{m}{V}$$

Além de ser útil para cálculos, essa fórmula expressa a ideia de que, com a densidade, podemos comparar as massas do mesmo volume de diferentes materiais. Se construíssemos cubos de diferentes materiais (madeira paraju, ferro, chumbo e alumínio), com volume igual a 1 cm^3, constataríamos que esses cubos têm massas diferentes. O de madeira pesaria 0,6 g, o de ferro, 7,9 g, o de chumbo, 11,3 g, e o de alumínio, 2,7 g. Ou seja, com a densidade, podemos comparar as massas, num mesmo volume, de materiais diferentes. Por isso essa propriedade também é chamada de **peso específico**.

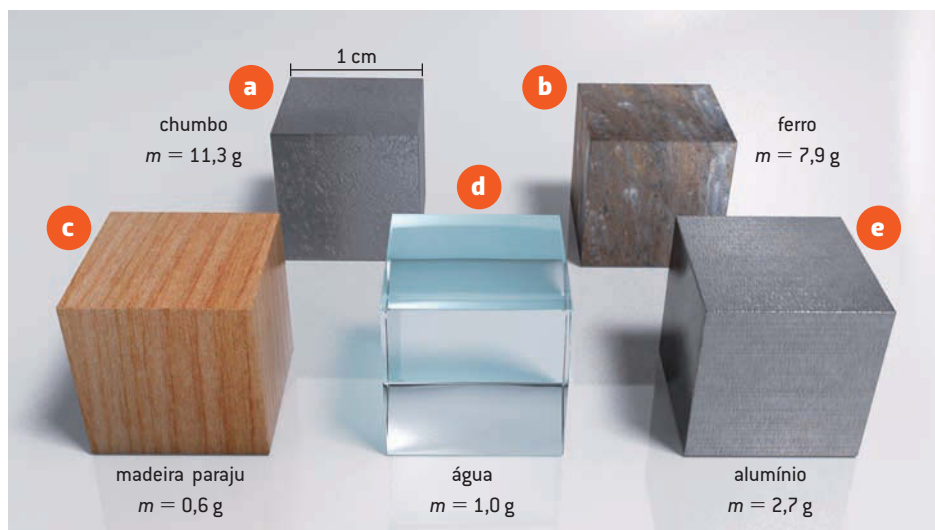



Figura 2.17
A densidade permite comparar as massas, num mesmo volume, de materiais diferentes. Por isso ela também é chamada de peso específico. a) Cubo de chumbo. b) Cubo de ferro. c) Cubo de madeira paraju. d) Cubo imaginário de água. e) Cubo de alumínio.

Questão

Q6. A comparação entre massas de objetos de diferentes materiais que têm o mesmo volume também é útil para explicar a flutuação. Copie em seu caderno o quadro 2.3 colocando uma coluna a mais para a Massa dos materiais. Complete essa coluna com base nos dados do parágrafo anterior.

Material	Densidade (g/cm^3) a 25 °C	Massa (g)	Volume (cm^3)	Flutuação na água
ferro	7,9	//////////////////////	1,0	não
água	1,0	//////////////////////	1,0	–
madeira paraju*	0,6*	//////////////////////	1,0	sim

Quadro 2.3
*Madeiras têm densidade variável, dependendo da origem, época do ano, etc. Considere este valor uma média.

Se compararmos a massa de um objeto que afunda na água com a de um volume de água igual ao do objeto, perceberemos que a do objeto é maior. De acordo com os dados do quadro 2.3, um cubo de ferro de volume igual a 1 cm^3 tem 7,9 g de massa, valor superior ao da massa de um cubo de água de mesmo volume, que é 1,0 g. Ao ser imerso na água, o cubo de ferro desloca um volume de água igual ao seu. Entretanto a água deslocada equivale a 1,0 g, valor menor que o da massa do cubo. Isso significa que os objetos que flutuam são menos densos que a água, ou seja, a massa deles é menor do que a do volume de água deslocada por eles.

Questões

Q7. Discuta com seus colegas as informações fornecidas anteriormente. Em seguida, proponham um procedimento experimental para medir a densidade de objetos cujos materiais são mais densos que a água, mas que tenham uma forma irregular (por exemplo, porcas, parafusos, pedras, etc.).

Q8. Seria possível usar esse mesmo procedimento para medir a densidade de um objeto cujo material é menos denso que a água? O que você poderia fazer nesse caso?

Pela explicação dada anteriormente, concluímos que é possível prever a flutuação dos objetos com base no conceito de densidade. Objetos mais densos que a água afundam; os menos densos flutuam. Como a densidade da água é 1,0 g/cm^3, deduzimos que os objetos de densidade maior que 1,0 g/cm^3 afundam e os de densidade menor flutuam. O mesmo raciocínio é válido no caso de outros líquidos. Basta comparar a densidade do líquido com a do objeto. Se o objeto for mais denso que o líquido, afunda; se for menos denso, flutua.

Sergio Dotta Jr./Arquivo da editora

Figura 2.18
Um objeto menos denso que a água flutua. Um mais denso afunda.

Como explicar os comportamentos da lâmina de barbear, do papel-alumínio e da tampinha de garrafa em relação à flutuação?

Neste momento, é importante explicar por que alguns objetos flutuam, embora constituídos de materiais mais densos que a água. No teste de flutuação, pudemos constatar que há duas situações nesses casos.

A primeira é dos objetos que, em razão da sua forma, não conseguem vencer o que chamamos de **tensão superficial da água**. É o caso dos muito finos, como a lâmina de barbear e a folha de papel-alumínio. No entanto, ao vencerem essa tensão, a lâmina e o papel vão ao fundo e não voltam mais à superfície espontaneamente, uma vez que são mais densos que a água. Não temos condições de, no momento, dar uma explicação satisfatória para o fenômeno da tensão superficial, pois essa justificativa envolve conceitos ainda não estudados. Por enquanto, basta sabermos que tensão superficial é uma propriedade específica de líquidos e que seu valor varia de líquido para líquido. Essa tensão, e não a densidade do líquido, impede que certos objetos muito finos penetrem a superfície da água. No entanto, assim que rompem a tensão superficial, esses objetos afundam por serem mais densos que a água. É o que ocorre com a lâmina de barbear quando imersa em água na posição vertical.

Tenha cuidado! A lâmina pode causar cortes. Segure-a como indicado.

Fotos: Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 2.19
Dependendo de sua forma, alguns objetos não vencem a tensão superficial da água e permanecem na superfície, mesmo sendo mais densos que o líquido.

A segunda situação a ser abordada pode ser exemplificada pela tampinha de garrafa ou por um navio de ferro e aço. Os dois objetos têm formas que proporcionam maior volume de líquido deslocado. Isso equivale a considerar que o objeto tem aumento de volume, sem haver aumento correspondente de massa. Podemos imaginar, por exemplo, que o navio é uma casca de ferro cheia de ar, cujo volume tem massa muito pequena. Com isso, sua densidade média diminui, tornando-se menor que a da água. Consideramos a densidade média porque esses objetos são, na verdade, constituídos de dois materiais: o ferro (no caso do navio), mais denso que a água, e o ar, menos denso que a água. Ou

seja, para flutuar, esses objetos devem ter formas especiais, como a de um barco ou a de um objeto oco. Isso permite um aumento de volume a ser preenchido pelo ar, o que diminui a densidade média do conjunto. Quando um desses objetos afunda, o espaço antes ocupado pelo ar é preenchido pela água, e a densidade média se aproxima novamente da densidade do material mais denso. É o caso dos navios, que, depois que afundam, nunca mais voltam à tona, a não ser que sejam içados.

2

Divulgação/Arquivo da editora

Figura 2.20
O navio é uma casca de ferro cheia de ar, cujo volume tem massa muito pequena. Com isso, sua densidade média diminui, tornando-se menor que a da água.

Concluímos que a forma dos objetos tem influência na flutuação apenas em algumas situações. Entretanto, o fato de um objeto ser cúbico, esférico, grande, pequeno, etc. não vai, necessariamente, influenciar na flutuação.

A densidade é, portanto, uma propriedade útil. Com ela, podemos reconhecer materiais (a mineralogia a emprega na identificação de minerais), verificar a autenticidade de objetos feitos com materiais nobres, explicar a flutuação de objetos pesados (como os navios) e separar materiais com densidade diferente (como o ouro e o cascalho).

Outra importante consideração é que o valor da densidade de cada material depende da temperatura em que ela foi medida. Assim, todos os valores de densidade a que nos referimos são os medidos à temperatura ambiente. Com o aumento da temperatura, a maioria dos materiais sofre um processo de dilatação, que ocasiona o aumento de seu volume. Consequentemente a densidade diminui. A mudança de estado físico também provoca alterações na densidade dos materiais. Por exemplo, a água no estado gasoso é menos densa que no estado líquido, e o gelo e a água líquida, embora constituídos da mesma substância – água – não têm a mesma densidade. Isso é importante porque, apesar de a densidade ser uma propriedade específica dos materiais, uma mesma substância pode apresentar diferentes valores de densidade, dependendo do estado físico e da temperatura em que se mede a densidade.

No capítulo 5 teremos oportunidade de elaborar um modelo para explicar esses fatos. Por enquanto, basta salientar que os valores de densidade devem ser fornecidos com o valor das temperaturas em que foram medidos.

texto 4

A densidade das misturas

Ao contrário das substâncias puras, as misturas não apresentam densidade característica. A densidade de uma determinada mistura (água e sal, água e álcool, ouro e cobre, etc.) varia com a composição, isto é, com a proporção de cada componente que a constitui.

No entanto, para uma determinada composição fixa, tem-se uma densidade determinada. Vejamos o exemplo do quadro 2.4.

O exemplo permite evidenciar que **a densidade de uma mistura varia** e que **seu valor está entre os valores de densidade dos componentes**. No caso da mistura de água e etanol, os valores de densidade estarão entre a densidade do etanol (d_{etanol} = 0,79 g/cm^3) e a da água ($d_{água}$ = 1,0 g/cm^3), valores medidos à temperatura de 25 ºC.

Além dessa constatação, é possível notar que **a densidade de uma mistura assume valores mais próximos do componente em maior proporção**. Por exemplo, consultando o quadro 2.4, verificamos que uma mistura constituída de 70% de água e 30% de etanol tem densidade equivalente a 0,97 g/cm^3. Portanto seu valor está mais próximo da densidade da água, o componente em maior proporção.

Já uma mistura constituída de 8% de água e 92% de etanol tem densidade equivalente a 0,83 g/cm^3, valor próximo ao da densidade do etanol, o componente em maior proporção nesse caso.

Composição (volume de etanol em 100 cm^3 de mistura com água)	**Densidade da mistura** (g/cm^3)
10,0	0,99
20,0	0,98
30,0	0,97
40,0	0,95
50,0	0,93
92,0	0,83
96,0	0,81
99,0	0,80

Quadro 2.4
Relação entre a composição e a densidade da mistura de água e etanol a 25 °C.

texto 5

A densidade de líquidos e o controle de qualidade de alguns produtos

Ao contrário dos sólidos, que têm forma própria, líquidos e gases assumem a forma do recipiente que os contêm. Nesse sentido, a determinação da densidade de líquidos e gases envolve o uso de procedimentos diferentes.

No caso dos líquidos, usa-se normalmente um densímetro, que é um aparelho constituído por uma escala e um peso na extremidade inferior.

A densidade é um dos parâmetros utilizados pelos produtores para o controle da qualidade

Sergio Dotta Jr./Arquivo da editora

Figura 2.21
Exemplos de densímetros.

do leite. O leite é constituído principalmente por água, gordura, vitaminas, proteínas, enzimas, lactose e substâncias minerais. O quadro 2.5 apresenta a composição média do leite de vaca. A densidade do leite varia entre 1,023 g/mL e 1,040 g/mL, a 15 ºC. O valor médio é 1,032 g/mL. A densidade da gordura do leite é aproximadamente 0,927 g/mL.

Constituinte	Teor (g/kg)	Variação (g/kg)
água	873	855 |—| 887
lactose	46	38 |—| 53
gordura	39	24 |—| 55
proteínas	32,5	23 |—| 44
substâncias minerais	6,5	5,3 |—| 8,0
ácidos orgânicos	1,8	1,3 |—| 2,2
outros	1,4	....

Quadro 2.5
Composição média do leite de vaca.

2

Avits/Arquivo da editora

Figura 2.22
Termolactodensímetro.

A determinação da densidade é feita com o termolactodensímetro, que é um densímetro com a escala adequada à variação de densidade do leite, acoplado a um termômetro, pois as medidas de densidade devem ser feitas a 15 ºC ou com a indicação da temperatura em que foram realizadas.

A densidade abaixo do mínimo indica adição de água no leite e poderá indicar também problemas de saúde da vaca, ou mesmo nutricionais. Contudo a densidade depende do conteúdo de gordura e sólidos não gordurosos, porque a gordura do leite tem densidade menor que a da água, ao passo que nos sólidos não gordurosos ela é maior. O teste indicará alteração da densidade somente quando mais do que 5 a 10% de água for adicionada ao leite. Densidade acima do normal pode indicar que houve desnatamento ou, ainda, que qualquer outro produto corretivo foi adicionado.

Questão

Q9. Qual dos leites apresenta a maior densidade: o integral ou o desnatado? Justifique.

No caso dos combustíveis líquidos mais usados – álcool, gasolina e *diesel* – há uma legislação específica que recomenda os níveis de densidade aceitos em cada caso. Outra recomendação importante a ser seguida pelos postos é testar o combustível antes do descarregamento, para assegurar a sua qualidade.

No Brasil, conforme boletins mensais da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), tem havido um aumento no número de casos de adulteração de combustíveis. Essas adulterações envolvem a adição, à gasolina, de mais álcool do que o permitido por lei, de água e de outros solventes.

ANP interdita posto com 60% de etanol na gasolina

Em ação de fiscalização na zona oeste do Rio, dia 28/9/12, a ANP interditou um posto de gasolina onde foi encontrada gasolina com 60% de etanol (o percentual estabelecido em lei é 20%). Peritos da Delegacia de Defesa de Serviços Delegados (DDSD) identificaram um tanque contendo gasolina adulterada e um sistema de desvio que direcionava a um recipiente com combustível dentro das especificações. O proprietário foi preso em flagrante.

Foi aberto inquérito administrativo e o estabelecimento estará sujeito à multa de R$ 20 mil a R$ 5 milhões ao final do processo.

ASSESSORIA de Imprensa da ANP – ANP interdita posto com 60% de etanol na gasolina. *O Globo on-line,* Rio de Janeiro, 28 set. 2012. Disponível em: <http://oglobo.globo.com/economia/anp-interdita-posto-com-60-de-etanol-na-gasolina-6225433>. Acesso em: 10 out. 2012.

A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis regula as especificações para combustíveis de boa qualidade. A densidade é um dos parâmetros mais usados na aferição da qualidade dos combustíveis. Segundo a ANP, os valores de densidade recomendados para a gasolina comum, o óleo *diesel* e o álcool são:

- Gasolina comum:
  Densidade mínima a 20 ºC: 0,7350 g/cm^3;
  Densidade máxima a 20 ºC: 0,7650 g/cm^3;
  Porcentagem de álcool anidro: 22%.
- *Diesel*:
  Densidade mínima a 20 ºC: 0,8200 g/cm^3;
  Densidade máxima a 20 ºC: 0,8500 g/cm^3.
- Álcool etílico hidratado carburante:
  Densidade mínima a 20 ºC: 0,8075 g/cm^3;
  Densidade máxima a 20 ºC: 0,8110 g/cm^3.

Melinda Fawver/Shutterstock/Glow Images

Figura 2.23
Os valores de densidade dos combustíveis no Brasil são recomendados e controlados pela ANP.

atividade 4

Determinação do teor de álcool na gasolina

A gasolina vendida nos postos de combustível no Brasil contém álcool etílico (etanol). Nesta atividade, vamos determinar o volume de álcool adicionado à gasolina.

Carol do Valle/Arquivo da editora

Figura 2.24
Amostra de gasolina.

Questões preliminares

Q10. Observem a figura 2.24. Por que não conseguimos distinguir os componentes na mistura de gasolina e álcool vendida nos postos?

Q11. Ao adicionar gasolina à água, obtemos um sistema em que é possível reconhecer os componentes porque um dos líquidos flutua, não se misturando com o outro. Por isso chamamos essa mistura de sistema heterogêneo.

a) Qual líquido vocês esperam que flutue, gasolina ou água?

b) A ordem em que os líquidos foram adicionados tem alguma influência sobre qual fica embaixo e qual fica em cima?

c) Que propriedade dos materiais determina qual líquido fica embaixo e qual fica em cima?

Material

Uma proveta de 100 mL, um bastão de vidro, gasolina e água.

Atenção! Gasolina e álcool são inflamáveis. Evite o contato da pele com vapores.

O que fazer

A13 Na proveta, coloquem 50 mL de água. A seguir, adicionem a gasolina até que a mistura atinja a marca de 100 mL. Anotem suas observações.

A14 Com o bastão de vidro agitem vigorosamente os líquidos no interior da proveta até misturar as duas fases líquidas. A seguir, determinem e anotem o novo volume da fase “gasolina” e da fase “água”.

Questões

Q12. Por que o volume de gasolina diminui?

Q13. Determinem o volume de álcool presente nos 50 mL de gasolina.

Q14. Determinem a porcentagem (volume/volume) de álcool presente na gasolina (volume de álcool/volume total de gasolina usado no experimento).

Q15. Proponham uma forma de separar as duas fases líquidas obtidas depois do experimento e, em seguida, apliquem-na.

Q16. Seria possível separar o álcool da água? Como?

Para responder às questões a seguir, pesquisem em jornais, revistas, livros e na internet.

Q17. Por que o álcool é adicionado à gasolina?

Q18. A quantidade de álcool adicionada tem sido constante? Quem determina essa quantidade?

Q19. Descrevam sucintamente como o álcool combustível é obtido.

Q20. Descrevam sucintamente como a gasolina é obtida.

Q21. Citem as vantagens e desvantagens do uso de:

a) álcool como combustível;

b) gasolina como combustível.

Q22. O álcool combustível é constituído principalmente de etanol (C_2H_5OH) e pertence a uma família de compostos químicos cujo nome genérico é “álcool”. Qual(is) o(s) componente(s) principal(is) da gasolina? A que família de compostos químicos ele(s) pertence(m)?

Q23. Quais foram os jornais, revistas, livros e páginas da internet consultados?

EXERCÍCIO

E12. As ilustrações da figura 2.25 representam densímetros como os usados em postos de gasolina. Esses instrumentos têm por finalidade indicar se o álcool combustível está ou não adulterado pela adição de outras substâncias.

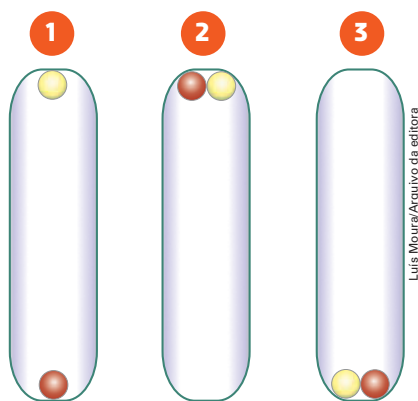



Figura 2.25 Representação de densímetros.

O primeiro dos densímetros representados contém etanol puro (d_{etanol} = 0,8 g/cm^3). Dos dois restantes, um está cheio de etanol e água ($d_{água}$ = 1,0 g/cm^3) e o outro, de etanol e gasolina ($d_{gasolina}$ = 0,7 g/cm^3), não necessariamente nessa ordem.

Com base nas informações, responda:

a) Qual a constituição da mistura 2? Justifique sua resposta.

b) Qual a constituição da mistura 3? Justifique sua resposta.

c) Quais os valores possíveis de densidade da bola escura (vermelha)? Justifique sua resposta.

d) Quais os valores possíveis de densidade da bola clara (amarela)? Justifique sua resposta.

texto 6

Temperaturas de fusão e de ebulição: propriedades específicas?

2

Iniciamos neste capítulo o estudo das propriedades que nos permitem identificar os materiais. Você pôde constatar que a massa e o volume de um determinado material podem assumir valores diversos (por exemplo, a massa de um prego e a de uma barra grande, ambos feitos de ferro). Entretanto o quociente entre a massa e o volume determina um valor específico do material. A massa e o volume são, portanto, propriedades gerais, pois não nos permitem reconhecer o material. Já o quociente entre massa e volume define a densidade, propriedade que nos possibilita identificar o material, pois cada um apresenta um valor característico. O ferro puro tem densidade 7,9 g/cm^3 a 25 ºC, valor válido para qualquer pedaço de ferro, seja um prego ou uma barra grande.

Na atividade a seguir, vamos observar o comportamento de alguns materiais quando aquecidos ou resfriados para estudar a relação entre a variação de temperatura e a mudança de estado físico.

Você lembra o que é mudança de estado físico? Para compreendermos alguns conceitos relacionados a essas mudanças, vamos analisar o que acontece com a água. Essa substância ocorre, nas condições climáticas do nosso planeta, nos três estados físicos: sólido, líquido e gasoso.

Você já observou que uma pedra de gelo "derrete" ao ser retirada da geladeira. Cientificamente não usamos a expressão "derreter", mas "fundir". Na **fusão**, o material passa do estado sólido para o líquido. O processo inverso, do estado líquido para o sólido, é chamado de **solidificação**. Ao aquecer a água para preparar café, você pode observar outra mudança de estado físico, chamada no dia a dia de "fervura". Cientificamente essa mudança é conhecida como **ebulição**. Na ebulição, o material passa do estado líquido para o gasoso. Note que os líquidos podem evaporar em qualquer temperatura e nesse caso denominamos o processo de **evaporação**. O nome do processo inverso, do estado gasoso para o líquido, depende do estado físico do material à temperatura ambiente. Quando a água, substância líquida, à temperatura ambiente, passa do estado gasoso para o líquido, o processo é chamado de **condensação**. Você já deve ter observado a condensação da água do ar quando os vidros de um carro fechado ficam embaçados, principalmente num dia chuvoso. Se a mudança do estado gasoso para o líquido envolve um material gasoso à temperatura ambiente, o processo é chamado de **liquefação**.

Damerau/Shutterstock/Glow Images

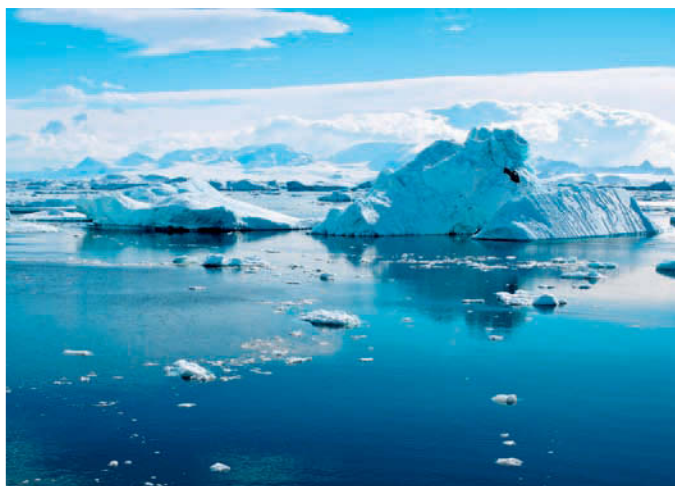



Figura 2.26
Nas condições climáticas da Terra, é possível encontrar água nos três estados físicos: sólido, líquido e gasoso.

Ewa Studio/Shutterstock/Glow Images

Roman Sigaev/Shutterstock/Glow Images

Fábio Colombini/ Acervo do fotógrafo

Figura 2.27
Vários fenômenos que observamos são processos de mudança de estado físico.

Um exemplo de aplicação desse conhecimento é o oxigênio líquido obtido do ar. O processo para a obtenção é conhecido como **liquefação fracionária**. O termo "fracionário" refere-se ao fato de que o oxigênio é uma das frações que podem ser obtidas pelo processo, pois o ar é composto de uma mistura de gases.

Para que ocorram a fusão e a ebulição, é necessário **fornecer energia** ao material, o que geralmente se consegue aquecendo-o. Para que ocorram a solidificação e a liquefação, é preciso **retirar energia** do material, o que normalmente se consegue resfriando-o.

Alguns materiais podem passar diretamente do estado sólido para o gasoso. Esse processo é chamado de **sublimação**. A naftalina é um exemplo de material que sublima à temperatura ambiente. É por isso que as bolinhas de naftalina (figura 2.27), colocadas junto às roupas para evitar o ataque de traças, vão diminuindo de tamanho, deixando um cheiro forte nas roupas. O processo inverso é chamado de **ressublimação**.

EXERCÍCIO

E13. Reproduza o diagrama abaixo no seu caderno e complete com o nome dos processos de mudança de estado físico indicados pelas setas.

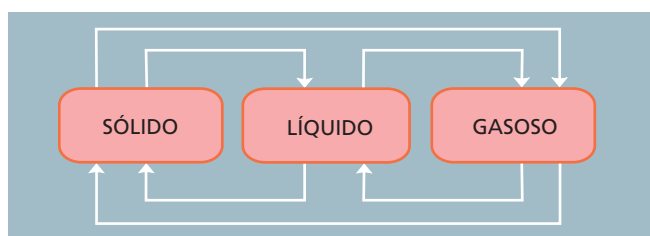



Figura 2.28
Exercício E13.

atividade 5

Investigando a água sob aquecimento

Vamos observar o que acontece com a água líquida sob aquecimento. Antes de começar a experiência, forme um grupo com alguns colegas. Em seguida, discutam e respondam às questões preliminares.

2

Questões preliminares

Q24. Em qual temperatura vocês esperam que a água comece a ferver? Por quê?

Q25. Quando isso ocorre, vocês esperam que a temperatura continue subindo ou permaneça constante? Por quê?

Material

Béquer de 250 mL, termômetro de laboratório, lamparina (ou bico de gás, ebulidor, trempe de fogão), tripé e tela de amianto[1] (no caso de ser usada uma lamparina ou um bico de gás).

Cuidado ao acender a lamparina ou o bico de gás. Esteja atento para não sofrer queimaduras durante o aquecimento.

O que fazer

A15 Leiam as instruções antes de começar a experiência.

A16 Coloquem água até a metade do béquer. Meçam a temperatura do sistema com um termômetro e anotem-na em seu caderno. O valor dessa temperatura corresponderá ao tempo inicial (zero minuto).

A17 Coloquem o béquer sobre o tripé com a tela de amianto e iniciem o aquecimento acendendo a lamparina (ou o bico de gás, ou ligando o ebulidor). Anotem a temperatura de 2 em 2 minutos (min). Se seu sistema de aquecimento for o bico de gás ou o ebulidor, anotem de 30 em 30 segundos (s).

Observação: façam a leitura com o termômetro um pouco abaixo da superfície do líquido e nunca encostado no fundo do recipiente.

A18 Com os dados obtidos, montem no caderno um quadro da **temperatura da água** (°C) × **tempo de aquecimento** (minutos) enumerando as medidas. Observem e anotem as modificações na água à medida que a temperatura for se elevando até atingir o ponto de fervura. Fiquem atentos ao aparecimento de bolhas.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 2.29
Montagem para o aquecimento da água.

A19 Quando a água entrar em ebulição, façam mais dez leituras.

[1] As telas de amianto não são mais fabricadas com o disco central em amianto, pois este é um material cancerígeno. Ele foi substituído por cerâmica. O nome, no entanto, foi mantido.

Construção do gráfico *temperatura da água (em °C) × tempo de aquecimento (em min)*

A20 Construam um gráfico **temperatura da água** (em °C) × **tempo de aquecimento** (em min) numa folha de papel milimetrado (ou papel quadriculado) com os dados do quadro montado em A18. Assinalem o tempo (t) no eixo horizontal (abscissa) e a temperatura (T) no eixo vertical (ordenada). Usem uma escala apropriada, de modo que se aproveite a maior parte possível do papel. Seu gráfico deverá conter o título (temperatura da água × tempo de aquecimento) e a escala em que foi construído. Identifiquem, no gráfico, as regiões correspondentes ao aquecimento do líquido e à transformação dele em vapor.

Questões

Q26. De que são constituídas as bolhas que se formam no interior da água durante o aquecimento, antes da fervura (ebulição)? O que o aparecimento dessas bolhas evidencia?

Q27. De que são constituídas as bolhas que sobem para a superfície da água durante sua ebulição?

Q28. Quando a água entrou em ebulição, o que vocês observaram com relação à temperatura do sistema?

Q29. Comparem o que vocês observaram sobre a temperatura do sistema com a resposta em Q24. Sua expectativa foi confirmada pela experiência? Como vocês explicam o fato observado?

Q30. Comparem o que vocês observaram sobre a temperatura do sistema com a resposta dada em Q25. Sua expectativa foi confirmada pela experiência? Como vocês explicam o fato observado?

Q31. Outros líquidos puros, como a glicerina, teriam comportamento igual ao da água (temperatura constante durante a ebulição)? Justifiquem sua resposta.

Q32. Dá-se o nome de **temperatura de ebulição** à temperatura constante na qual um líquido puro se transforma em gás. No caso da água, o valor tabelado é 100 °C, à pressão atmosférica de 1 atm, que é a pressão atmosférica ao nível do mar. Com base nisso, respondam:

a) O valor obtido experimentalmente coincide com o valor tabelado? Como vocês explicam esse fato?

b) Se a medida tivesse sido feita no alto do Pico da Bandeira (aproximadamente 2 900 metros de altitude), o valor da temperatura de ebulição seria maior, menor do que o observado ou igual a ele? Expliquem.

Q33. Se usássemos o dobro da quantidade de água, que alterações poderiam ocorrer:

a) no tempo necessário para que a água entrasse em ebulição?

b) na temperatura de ebulição?

atividade 6

Investigando o comportamento da água e de uma mistura de água e sal sob resfriamento

2

Questões preliminares

Q34. A que temperatura vocês esperam que a água se congele? Por quê?

Q35. Durante o congelamento da água, vocês esperam que a temperatura continue a diminuir ou permaneça constante? Justifiquem.

Q36. Qual a temperatura de fusão do gelo?

Q37. Durante a fusão do gelo, vocês esperam que a temperatura continue a aumentar ou permaneça constante? Justifiquem.

Q38. Respondam às questões Q34 e Q35 considerando que agora vocês têm uma mistura de água e sal. Expliquem.

Material

Dois tubos de ensaio, um béquer de 250 mL, gelo picado (o suficiente para fazer a montagem experimental), um pacote de sal de cozinha.

O que fazer

A21 Leiam atentamente o procedimento antes de iniciar a experiência.

A22 Construam dois quadros no caderno: **temperatura da água** (em °C) × **tempo de resfriamento** (em min) e **temperatura da água com sal** (em °C) × **tempo de resfriamento** (em min). Enumerem os dados obtidos.

A23 Para observar o comportamento da água sob resfriamento, preparem a montagem experimental colocando no recipiente dois tubos de ensaio vazios com a abertura para cima. Em seguida, adicionem, alternadamente, uma camada de gelo picado e uma de sal de cozinha até encher o recipiente.

a

b

c

Fotos: Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 2.30
a) Montagem para o resfriamento da água.
b) Temperatura da água sem sal.
c) Temperatura da água com sal. (Notem que a temperatura está abaixo de zero, mas a água com sal não congelou.)

A24 Introduzam no recipiente, no lugar dos tubos vazios, dois tubos de ensaio, um contendo água até metade de sua capacidade e outro, uma solução diluída de sal.

Observações: para preparar a solução, coloquem uma colher rasa (de chá) de sal em um dos tubos de ensaio com água até um terço de sua capacidade e, em seguida, agitem o sistema; coloquem o tubo com água e o tubo com solução diluída de sal no lugar dos tubos vazios colocados anteriormente.

Utilizando os quadros construídos em A22, anotem as temperaturas de cada um dos sistemas, de 30 em 30 s, até que a mistura de água e sal atinja –10 °C (dez graus Celsius negativos).

Observações: façam as leituras de temperatura com o termômetro no meio do líquido e nunca encostado no fundo do tubo; anotem as alterações observadas nos dois sistemas (água e mistura) e as temperaturas em que elas ocorreram.

Construção das "curvas de resfriamento" da água pura e da água com sal

Utilizando uma folha de papel milimetrado (ou papel quadriculado), construam os dois gráficos – de **temperatura** × **tempo de resfriamento** – para a água e para a mistura de água com sal, com os dados dos quadros construídos em A22. Dividam a folha ao meio e, em uma das metades, construam o gráfico da água pura e, na outra, o gráfico da água com sal. Assinalem o tempo (t) no eixo horizontal (abscissa) e a temperatura (T) no eixo vertical (ordenada). Adotem uma escala apropriada, de modo que se aproveite ao máximo o papel, mas tentem usar a mesma escala nos dois gráficos para facilitar a comparação. Lembrem-se de que cada gráfico deve conter o título e a escala em que foi construído.

Questões para discussão

Q39. Vocês devem ter percebido que o recipiente de vidro, no qual se misturaram gelo e sal, ficou "suado" quando se acrescentou gelo a ele. Vocês já devem ter observado esse fenômeno ao colocar água gelada em um copo de vidro. De que são constituídas as gotículas que embaçam o vidro? Como elas são formadas?

Q40. Como variou a temperatura durante o resfriamento da água?

Q41. Como variou a temperatura durante o resfriamento da água com sal?

Q42. Qual era o estado físico da água pura quando:

a) a temperatura começou a diminuir pela primeira vez?

b) a temperatura permaneceu constante?

c) a temperatura começou a diminuir pela segunda vez?

Q43. Observem o gráfico obtido para o resfriamento da água e identifiquem as regiões onde ocorrem:

a) resfriamento do líquido;

b) mudança de fase;

c) resfriamento do sólido.

Q44. O que vocês puderam observar em relação à temperatura do sistema enquanto a água congelava?

Q45. Comparem essa observação com as respostas às questões Q34 e Q35. Sua expectativa foi confirmada pela experiência? Como vocês explicam o fato observado?

Q46. Considerem outros líquidos puros, como o álcool absoluto: eles teriam comportamento igual ao da água? Justifiquem.

Q47. Dá-se o nome de **temperatura de solidificação** à temperatura constante em que um líquido puro se transforma em sólido. No caso da água, o valor tabelado corresponde a 0 °C e coincide com o da **temperatura de fusão**, temperatura constante em que um sólido puro se transforma em líquido.

a) O valor obtido experimentalmente para a temperatura de solidificação da água coincide com o valor tabelado? Tentem explicar as causas de possíveis diferenças.

b) Por que a temperatura de fusão é igual à temperatura de solidificação para um mesmo material?

Q48. Na primeira parte desta atividade, discutimos que a temperatura de ebulição da água varia com a pressão atmosférica. Assim, nos locais de maior altitude, essa temperatura é menor que o valor tabelado para o nível do mar, 100 °C. Por que isso não ocorre com a temperatura de fusão e de solidificação, cujo valor tabelado é o mesmo independentemente da altitude?

Q49. Se fosse utilizado o dobro da quantidade de água, descrevam as modificações que poderiam ocorrer:

a) no tempo necessário para toda a água se solidificar;

b) na temperatura de solidificação.

Q50. Observando como variou a temperatura no resfriamento da mistura de água e sal, vocês poderiam dizer qual a temperatura de solidificação dessa mistura? Justifiquem.

Q51. Comparando o gráfico de resfriamento da água com o da mistura de água e sal, o que vocês podem observar? Como vocês explicam a diferença de comportamento entre os dois?

Q52. A temperatura é uma propriedade geral ou específica? E as temperaturas de ebulição, fusão e solidificação? Expliquem.

Q53. Respondam às questões a seguir.

a) Qual a diferença de comportamento entre uma substância (no caso, a água) e uma mistura (no caso, água e sal) em relação à temperatura de solidificação?

b) Essa diferença poderia ser observada em relação às temperaturas nas quais ocorrem outras mudanças de estado (temperatura de ebulição, por exemplo)?

c) Qualquer substância vai se comportar como a água nas mudanças de estado, ou seja, apresentar temperatura constante? Expliquem.

Nem todas as misturas se comportam, nas mudanças de estado, da mesma forma que a mistura de água e sal, investigada no experimento apresentado na Atividade 6, na página 47, ou seja, nem todas apresentam temperatura de solidificação ou de fusão variáveis. A própria mistura de água e sal, quando composta de 23 g de sal para cada 100 g de solução (23% em massa de NaCl), funde-se a −21,1 °C.

A esse tipo de mistura, que se comporta como uma substância pura na fusão/solidificação, dá-se o nome de **mistura eutética**.

Esse mesmo comportamento é observado em algumas misturas líquidas, que também apresentam temperaturas de ebulição constantes. Por exemplo, a mistura de 94,7 g de etanol (álcool etílico) e 5,3 g de água (94,7% em massa de etanol) entra em ebulição a 78,2 °C.

A esse tipo de mistura, que se comporta como uma substância pura na ebulição, dá-se o nome de **mistura azeotrópica** ou simplesmente **azeótropo**.

Questão

Q54. Com base nas respostas da questão anterior, e considerando a existência de misturas eutéticas e azeotrópicas, como vocês poderiam conceituar substância pura e mistura?

Solubilidade: propriedade específica?

Até o momento, estudamos a densidade e as temperaturas de fusão e de ebulição, propriedades que permitem identificar os materiais. Vocês aprenderam que cada material tem um valor característico para cada uma dessas propriedades.

A água tem densidade igual a 1,0 g/cm^3 a 20 °C, congela-se a 0 °C e entra em ebulição a 100 °C à pressão de 1 atmosfera (atm). Vimos também que a especificação da temperatura da substância, no caso da densidade, e da pressão atmosférica, no caso da temperatura de ebulição, é fundamental.

A densidade dos materiais varia com a temperatura assim como a temperatura de ebulição varia com a pressão atmosférica a que está submetido o material. A cidade de Belo Horizonte, no estado de Minas Gerais, por exemplo, onde o ar é mais rarefeito, está situada a uma altitude de aproximadamente 850 m acima do nível do mar, e a pressão atmosférica é inferior a 1 atm. Por isso o valor da temperatura de ebulição da água em Belo Horizonte é, aproximadamente, 98 °C.

Vamos estudar agora a solubilidade, propriedade que, a exemplo das estudadas até o momento, está relacionada a uma série de materiais com os quais convivemos.

texto 7

A Terra tem solução?

Atualmente, muito se tem falado sobre a Terra e sobre a maneira como a espécie humana vem se relacionando com ela. Como o conhecimento químico pode nos ajudar a conhecer um pouco mais nosso planeta?

De que a Terra é constituída?

Na superfície da Terra, além da crosta, existem oceanos, lagos e rios, que, com a água retida em fendas e fissuras do solo e das rochas próximas à superfície, constituem a **hidrosfera**.

PhotoDisc/Arquivo da editora

Figura 2.31
O conhecimento químico nos ajuda a compreender um pouco a constituição da Terra.

Apesar de ocupar dois terços da superfície terrestre, a hidrosfera representa apenas 0,025% da massa total da Terra. A água é, sem dúvida, o recurso da hidrosfera mais importante para o homem. Os oceanos, que ocupam 70,8% da superfície do planeta, com profundidade média de 4 quilômetros (km), constituem importante fonte de recursos vitais. Eles atuam como coletores de muitos materiais dissolvidos dos continentes que, ao longo do tempo, deram origem a uma imensa solução com 3,5% em peso de sólidos dissolvidos. Essa solução é homogênea, o que torna a composição dos oceanos praticamente constante. Sódio e cloro, os dois elementos que constituem o sal de cozinha (NaCl), são os mais abundantes e, com o magnésio, o enxofre, o cálcio e o potássio, constituem 99,5% da massa total dos sólidos dissolvidos no mar. Cada quilômetro cúbico (km^3) de água do mar contém ainda quantidades significativas de outros 64 elementos, como zinco, com 11,3 t, cobre e estanho, com 3,4 t cada um, prata, com 240 kg, e até ouro, com 430 g.

Corbis/Latinstock

Figura 2.32
A hidrosfera é uma parte importante da constituição da Terra.

Apesar dessa variedade, poucos elementos da água do mar são aproveitados comercialmente. Os aproveitados são o cloro e o sódio, recuperados como cloreto de sódio por evaporação natural da água do mar em reservatórios rasos; o bromo, recuperado pela adição de anilina, que precipita o tribromo anilina, e o magnésio, recuperado pela adição de uma solução de hidróxido de cálcio, precipitando o hidróxido de magnésio ($Mg(OH)_2$).

Nossa vivência com a dissolução de materiais, em geral, envolve sólidos – como o açúcar e o sal – dissolvidos em líquidos, na maioria das vezes em água. Por isso normalmente atribuímos a ideia de solução apenas às líquidas, nas quais o **soluto** é sólido, o **solvente**, um líquido, e a solução formada também é líquida. Os oceanos, por exemplo, são soluções líquidas. No entanto convivemos com outro tipo de solução – a gasosa – à qual normalmente não damos muita atenção. A atmosfera é uma solução, pois é uma mistura homogênea de gases apresentando composição uniforme de fácil amostragem. Ela envolve todo o planeta, como um invólucro gasoso, que contribui com apenas 0,0001% de sua massa total. Três gases, nitrogênio (N_2), oxigênio (O_2) e argônio (Ar), constituem 99,9% do volume total da atmosfera. O oxigênio, o nitrogênio e os gases nobres são os principais gases recuperados da atmosfera, mas em quantidades relativamente pequenas.

Wagner Santos/kino.com.br

Figura 2.33
A água do mar tem uma grande quantidade de substâncias dissolvidas, mas poucas são aproveitadas comercialmente, como o cloreto de sódio nas salinas. Na foto, salina em Cabo Frio (RJ).

Questões

Q55. Com base no que você acabou de ler, escreva um pequeno texto descrevendo o que é uma solução.

Q56. Você seria capaz de dar um exemplo de solução sólida?

Q57. Considerando que a água do mar é uma solução e, com base nas informações do texto, responda:

a) Qual é o solvente nessa solução?

b) Qual o soluto em maior quantidade?

Q58. Sabemos que o sal de cozinha é solúvel em água e o óleo de cozinha não. O sal de cozinha é solúvel em óleo à temperatura ambiente? Justifique sua resposta baseando-se em alguma experiência que você já tenha vivenciado.

Q59. Leia a notícia a seguir, sobre vazamento de óleo de um navio petroleiro, e depois responda à questão proposta na sequência do texto.

2

Vazamento de óleo atinge o mar de Tramandaí, no litoral norte do RS

Patrulhamento Ambiental confirmou ser um incidente de grande porte.

Um vazamento de óleo atingiu a praia de Tramandaí, no litoral norte do Rio Grande do Sul, nesta quinta-feira (26/01/2012). A Transpetro divulgou nota por volta das 16h confirmando o acidente. De acordo com a empresa, o vazamento ocorreu na monoboia do Terminal de Osório.

Lauro Alves/Agência RBS/Folhapress

Figura 2.34
Mancha de óleo que se formou a cerca de 6 quilômetros da costa, foto de 26/1/2012.

O cheiro do produto já é percebido na beira da praia, na altura da plataforma de pesca da cidade. No entanto, os banhistas ainda aproveitavam o mar normalmente até por volta das 17h. A Transpetro afirma que uma equipe de contingência foi acionada para iniciar os trabalhos de contenção e remoção do produto. Os órgãos ambientais, a Agência Nacional do Petróleo (ANP) e a Capitania dos Portos foram comunicados. As causas do incidente estão sendo investigadas pela companhia. Ainda não foi possível quantificar o volume de óleo derramado.

Na orla de Tramandaí existem duas monoboias, situadas a quatro e seis quilômetros da costa. Elas servem para bombear petróleo para dentro dos navios da Petrobras. Segundo técnicos e biólogos do Ibama, o vazamento teria ocorrido na monoboia que fica mais distante da costa.

O Corpo de Bombeiros de Tramandaí, o Patrulhamento Ambiental do litoral norte e técnicos do Ibama fizeram um voo na região para avaliar a extensão do vazamento. Uma grande mancha de óleo formada em alto-mar se aproxima da beira da praia.

"É um vazamento de grande proporção. Começou ao meio-dia e está crescendo o volume de óleo. Toda a informação agora vai depender deste avanço. É difícil saber se irá chegar à costa, mas nossa preocupação é que o banhista não seja afetado", disse o tenente Araújo, do Patrulhamento Ambiental, que aconselhou os veranistas a não entrarem no mar na região da plataforma de Tramandaí.

G1. Vazamento de óleo atinge o mar de Tramandaí, no litoral norte do RS. Rio Grande do Sul, 26 jan. 2012. Disponível em: <http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2012/01/vazamento-de-oleo-atinge-o-mar-de-tramandai-no-litoral-norte-do-rs.html>. Acesso em: 9 out. 2012.

Normalmente a mancha de óleo se espalha rapidamente pela superfície do mar. Procure explicar por que isso ocorre considerando sua experiência com água e óleo na cozinha.

Q60. Localize, na tabela periódica, os elementos citados no Texto 7. Em seguida, indique o símbolo de cada um e a coluna a que pertencem.

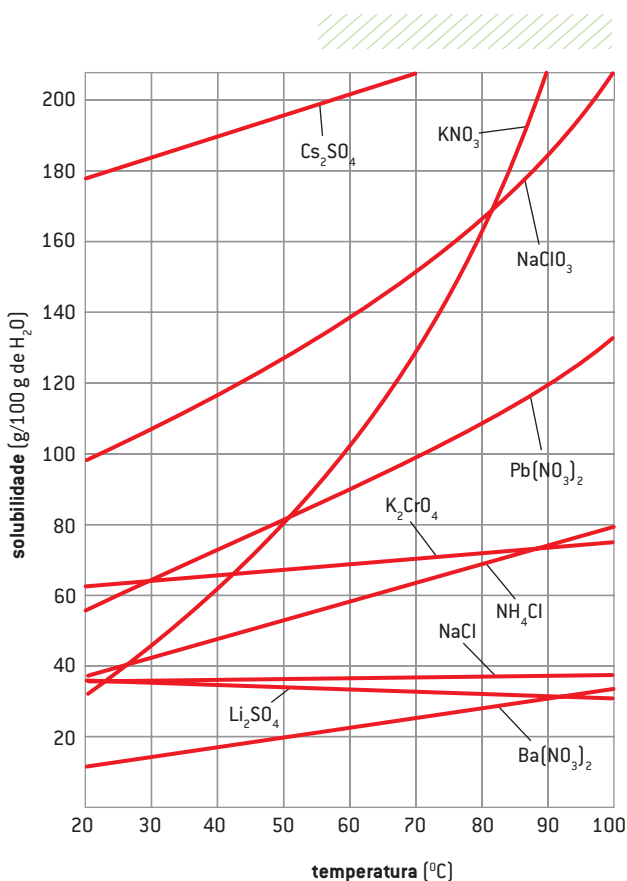
atividade 7

Solubilidade

Discutimos alguns conceitos importantes para entender o fenômeno da solubilidade. Vocês já devem ter percebido, por experiência própria, que alguns materiais são solúveis em determinados solventes, mas não em outros.

Nesta atividade, além do próprio fenômeno, interessa-nos a propriedade conhecida pelo mesmo nome: a solubilidade.

Observem o gráfico de **solubilidade em água × temperatura** para alguns sais.

Figura 2.35
Gráfico de **solubilidade em água × temperatura** para alguns sais.

Reproduzam o quadro 2.6 no caderno e preencham-no com os dados do gráfico da figura 2.35.

Material	Solubilidade na temperatura indicada (em g/100 g de água)			
	20 °C	40 °C	60 °C	80 °C
NaCl (cloreto de sódio)	//////////////////////	//////////////////////	//////////////////////	//////////////////////
$Pb(NO_3)_2$ (nitrato de chumbo)	//////////////////////	//////////////////////	//////////////////////	//////////////////////
KNO_3 (nitrato de potássio)	//////////////////////	//////////////////////	//////////////////////	//////////////////////
Cs_2SO_4 (sulfato de césio)	//////////////////////	//////////////////////	//////////////////////	//////////////////////

Quadro 2.6
Variação da solubilidade de alguns materiais em função da temperatura.

Com base nas informações do quadro 2.6 e no gráfico de **solubilidade em água × temperatura**, respondam:

a) Em qual dos sais o efeito da temperatura sobre a solubilidade é mais acentuado?

b) Em que temperatura a solubilidade do nitrato de chumbo é igual à do nitrato de potássio?

c) Em que temperatura a solubilidade do cloreto de sódio é igual à do nitrato de potássio?

d) À temperatura de 20 °C, qual dos sais relacionados no quadro 2.6 é mais solúvel em água? Qual é menos solúvel?

e) À temperatura de 60 °C, qual dos sais relacionados no quadro 2.6 é mais solúvel em água? Qual é menos solúvel?

f) Se vocês resfriarem até 20 °C uma solução saturada de nitrato de chumbo, que foi preparada a 80 °C, usando 100 g de água, qual a massa de nitrato de chumbo que ficará insolúvel e decantará no fundo do béquer?

A solubilidade é uma propriedade específica? Expliquem.

texto 8

Fatores que afetam a solubilidade

Ao responder às questões sobre o gráfico da solubilidade em função da temperatura de alguns sais em água, você observou que, a uma mesma temperatura, a quantidade de cada um dos sais que pode ser dissolvida em 100 g de água é diferente. Essa é uma evidência de que a solubilidade depende da natureza das substâncias envolvidas.

Os materiais também não se dissolvem igualmente em todos os solventes como no caso do sal de cozinha em relação à água e ao óleo.

Se formos dissolvendo, a uma determinada temperatura, sal de cozinha (soluto) numa quantidade de água (solvente) em um recipiente, veremos que, depois de uma certa quantidade de sal, não é mais possível dissolvê-lo. Isso será evidenciado pela presença do soluto no fundo do recipiente, que, mesmo depois de agitado, não se dissolverá. A quantidade de soluto que foi possível dissolver é chamada de **solubilidade** do material naquela temperatura, e a solução formada, de **solução saturada**.

Fotos: Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 2.36
A quantidade de material influencia na solubilidade.

Pode ser constatado que a solubilidade do sal aumenta quando a temperatura sobe. Esse fenômeno é comum em muitos sais sólidos solúveis em água.

No entanto pode-se observar que um refrigerante aberto, deixado fora da geladeira, perde o gás (gás carbônico, CO_2) muito mais rapidamente do que se estivesse dentro da geladeira. Isso acontece porque a solubilidade dos gases em água geralmente diminui com o aumento da temperatura.

Para definirmos a solubilidade como uma propriedade dos materiais, é importante destacar que a estamos considerando em relação a um solvente e a uma determinada temperatura. O gráfico que analisamos apresentava a solubilidade de diferentes sais em água a várias temperaturas. Se mudássemos o solvente, certamente os valores seriam alterados.

A solubilidade de um soluto qualquer é normalmente representada em gramas do soluto por litro de solução (g/L) para uma determinada temperatura. Esse valor expressa quantos gramas (g) do soluto é possível dissolver em um litro (L) da solução até o seu limite de saturação.

Questões

Q61. Como você poderia definir a solubilidade?

Q62. Que fatores afetam a solubilidade de uma substância?

Q63. Um aluno dissolveu um pouco de bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$) em água num recipiente, obtendo uma solução diluída. Em seguida, guardou essa solução em um armário. Uma semana depois, observou novamente a solução. É possível que tenha surgido bicarbonato de sódio no fundo do recipiente? Justifique.

Q64. Suponha que você tenha uma amostra de sal de cozinha sólido (NaCl). Uma parte de sua amostra será submetida à fusão e outra parte, dissolvida em água. Ao final, você obterá dois sistemas líquidos. Que diferenças existem entre os dois sistemas resultantes da fusão e da solubilização do sal de cozinha?

2

EXERCÍCIOS

O quadro 2.7 contém informações sobre propriedades de algumas substâncias. Consulte-o sempre que necessário.

Substância	Temperatura de fusão (°C)	Temperatura de ebulição (°C)	Densidade (g/mL)	Solubilidade
água	0,0	100,0	1,00 (a 25 °C)	------
álcool etílico	−117,3	78,5	0,79 (a 25 °C)	solúvel em clorofórmio e água
benzeno sólido	5,5	80,1	1,00 (a 5 °C)	solúvel em clorofórmio
benzeno líquido	5,5	80,1	0,90 (a 6 °C)	solúvel em clorofórmio
gelo	0,0	100,0	0,92 (a 0 °C)	------
hidróxido de cálcio	580,0	decompõe	2,24 (a 25 °C)	insolúvel em água e álcool
oxigênio	−218,4	−183,0	------	solúvel em água
tetracloreto de carbono	−23,0	76,5	1,59 (a 25 °C)	solúvel em clorofórmio

Quadro 2.7
Propriedades de algumas substâncias.

E14. Cada um dos frascos I e II contém apenas água ou benzeno, ambos líquidos incolores. Colocam-se os frascos numa geladeira e, após certo tempo, nota-se que no frasco I há uma camada de sólido na superfície e no frasco II uma no fundo. Observe a figura e responda:

Qual dos frascos contém benzeno? Como você chegou a essa conclusão?

frasco I

frasco II

Avits/Arquivo da editora

Figura 2.37
Exercício E14.

E15. O álcool etílico obtido pela destilação fracionada do mosto fermentado, operação realizada em destilarias, contém 4% de água. Para obter álcool puro (ou anidro), deve-se retirar essa quantidade excedente de água. Um dos processos utilizados para isso consiste em adicionar cal viva à mistura. A cal viva, ou cal virgem (óxido de cálcio), retira a água do sistema porque tem a propriedade de reagir com ela formando hidróxido de cálcio, segundo a equação:

$$\underset{\text{óxido de cálcio}}{CaO} + \underset{\text{água}}{H_2O} \rightarrow \underset{\text{hidróxido de cálcio}}{Ca(OH)_2}$$

a) O sistema formado por álcool e hidróxido de cálcio é homogêneo ou heterogêneo? Justifique.

b) Utilizando os dados do quadro 2.7, proponha um processo para separar o álcool do hidróxido de cálcio.

c) Como você poderia certificar-se de que, após a separação do hidróxido de cálcio, sobraria álcool anidro?

E16. Considere as seguintes informações:

- um sólido *X* é solúvel em água e insolúvel em tetracloreto de carbono;
- a solubilidade de *X* em água é 80 g/L em uma determinada temperatura;
- água e tetracloreto de carbono não se misturam;
- a densidade do tetracloreto de carbono é 1,6 g/mL.

a) Faça um desenho de um sistema em um béquer que contém, simultaneamente: 50 g de *X*, 500 mL de água e 200 mL de tetracloreto de carbono.

b) Proponha um esquema para separar todos os componentes desse sistema. Justifique sua proposta.

E17. Óleo de soja, de amendoim e de algodão são exemplos de óleos de cozinha obtidos de sementes. O processo consiste em moer ou prensar as sementes. Com isso, forma-se uma pasta de óleo + restos de sementes. Leia os procedimentos a seguir e escolha o que considera mais adequado para separar o óleo da pasta. Justifique sua escolha.

a) Acrescentar água e, em seguida, filtrar a mistura e evaporar o óleo.

b) Acrescentar um líquido no qual o óleo se dissolve. Em seguida, filtrar a mistura e evaporar o líquido adicionado.

c) Acrescentar um líquido que forma mistura heterogênea com o óleo. Em seguida, evaporar o líquido adicionado.

E18. (Unicamp-SP) Três frascos de vidro transparente, fechados, de formas e dimensões iguais, contêm a mesma massa de líquidos diferentes. Um contém água; outro, clorofórmio; e o terceiro, etanol. Os três líquidos são incolores e não preenchem totalmente os frascos, os quais não têm nenhuma identificação. Sem abrir os frascos, como você faria para identificar as substâncias? A densidade (*d*) de cada um dos líquidos, à temperatura ambiente é:

$d_{água} = 1{,}0\ g/cm^3$ $\quad d_{clorofórmio} = 1{,}4\ g/cm^3$ $\quad d_{etanol} = 0{,}8\ g/cm^3$

E19. (UFU-MG) Em condições ambientes, a densidade do mercúrio é de aproximadamente 13 g/cm^3. Calcule a massa, em gramas, desse metal necessária para encher completamente um frasco de meio litro de capacidade. Deixe seus cálculos indicados no caderno.

E20. (Fuvest-SP)

Material	Densidade (g/cm^3) à temperatura ambiente
alumínio	2,7
bambu	0,31–0,40
carvão	0,57
osso	1,7–1,8
água	1,0

Quadro 2.8
Exercício E20.

Ao adicionar à água pura, à temperatura ambiente, pedaços de cada um desses materiais, qual ou quais deles flutuarão? Justifique sua resposta.

E21. (Unicamp-SP) Evidências experimentais mostram que somos capazes, em média, de segurar por um certo tempo um frasco que esteja a uma temperatura de 60 °C, sem nos queimarmos. Suponha uma situação em que dois béqueres contendo cada um deles um líquido diferente (*X* e *Y*) tenham sido colocados sobre uma chapa elétrica de aquecimento, que está à temperatura de 100 °C. A temperatura normal de ebulição do líquido *X* é 50 °C e a do líquido Y é 120 °C. Após certo tempo de contato com esta chapa, qual dos frascos poderá ser tocado com a mão sem que se corra o risco de sofrer queimaduras? Justifique sua resposta.

E22. (UFRN) Considere a seguinte tabela, cujos dados foram obtidos à pressão de 1 atmosfera:

Substância	Temperatura de fusão (°C)	Temperatura de ebulição (°C)
etano	−171	−93
propano	−190	−45
butano	−135	0,6
pentano	−131	36

Quadro 2.9
Exercício E22.

Quais dessas substâncias são líquidas a 25 °C e à pressão de 1 atmosfera?

na internet

<www.cienciamao.if.usp.br/tudo/busca.php?key=propriedades_dos_materiais&tipo=textos>

Página do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP). Nela você encontra sugestões de artigos, atividades, textos, livros, revistas e *softwares* sobre propriedades dos materiais. Acesso em: 10 out. 2012.

<www.pontociencia.org.br>

Na página do Projeto Ponto Ciência você vai encontrar várias sugestões de experimentos envolvendo propriedades dos materiais. Acesso em: 10 out. 2012.

<http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/density>

Este *site* contém simulações de vários assuntos relacionados a este livro, portanto vamos usá-lo bastante. Neste *link* você encontrará uma simulação sobre densidade que responde a várias questões que foram formuladas neste capítulo. Acesso em: 10 out. 2012.

Questões de exames

Todas as questões devem ser respondidas em seu caderno. Não escreva no livro.

Q65. (UFMG) Seis soluções aquosas de nitrato de sódio, $NaNO_3$, numeradas de I a VI, foram preparadas em diferentes temperaturas, dissolvendo-se diferentes massas de $NaNO_3$ em 100 g de água. Em alguns casos, o $NaNO_3$ não se dissolveu completamente. O gráfico representa a curva de solubilidade de $NaNO_3$ em função da temperatura e seis pontos, que correspondem aos sistemas preparados:

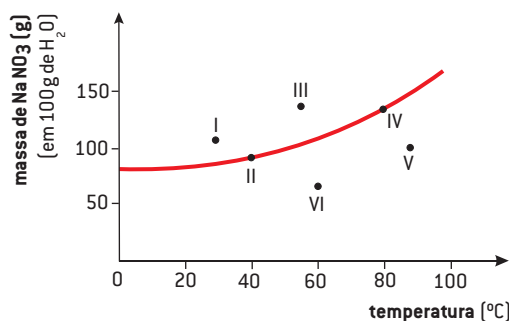



Figura 2.38 Questão Q65.

Pela análise do gráfico, é **correto** afirmar que os dois sistemas em que há precipitado são:

a) I e II.
b) I e III.
c) IV e V.
d) V e VI.

Q66. (PUC-RJ) Observe a figura a seguir, que representa a solubilidade em g por 100 g de H_2O de três sais inorgânicos em uma determinada faixa de temperatura:

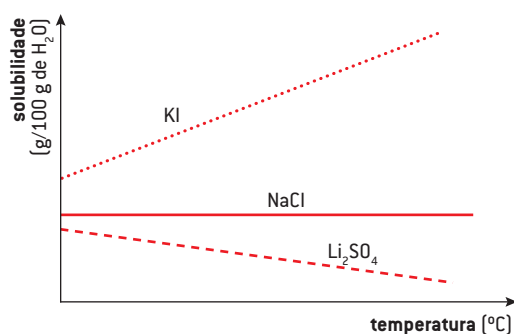



Figura 2.39 Questão Q66.

Indique a afirmativa **correta**:

a) A solubilidade dos três sais aumenta com a temperatura.
b) O aumento de temperatura favorece a solubilização do Li_2SO_4.
c) A solubilidade do KI é maior que a dos demais sais na faixa de temperatura representada.
d) A solubilidade do NaCl varia com a temperatura.
e) A solubilidade de dois sais diminui com a temperatura.

Q67. (PUC-RJ) Observe o gráfico a seguir:

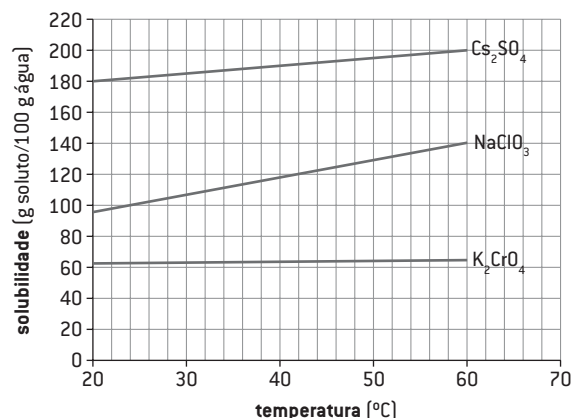



Figura 2.40 Questão Q67.

A quantidade de clorato de sódio capaz de atingir a saturação em 500 g de água na temperatura de 60 °C, em grama, é aproximadamente igual a

a) 70.
b) 140.
c) 210.
d) 480.
e) 700.

Q68. (UFMG) Observe o quadro, que apresenta as temperaturas de fusão e de ebulição de algumas substâncias.

Substâncias	Temperatura de fusão (°C)	Temperatura de ebulição (°C)
I	–117,3	78,5
II	–93,9	65,0
III	801	1 413
IV	3 550	4 827
V	–95	110,6

Quadro 2.10
Questão Q68.

Em relação aos estados físicos das substâncias, a alternativa **correta** é:

a) I é sólido a 25 °C.
b) II é líquido a 80 °C.
c) III é líquido a 1 000 °C.
d) IV é gasoso a 3 500 °C.
e) V é sólido a 100 °C.

Q69. (Fuvest-SP) Em uma indústria, inadvertidamente um operário misturou polietileno (PE), policloreto de vinila (PVC) e poliestireno (PS), limpos e moídos. Para recuperar cada

um desses polímeros, utilizou o seguinte método de separação: jogou a mistura em um tanque contendo água (d = 1,0 g/cm^3), separando a fração que flutuou (fração A) daquela que foi ao fundo (fração B). A seguir, recolheu a fração B, secou-a e jogou-a em outro tanque contendo solução salina (d = 1,10 g/cm^3), separando o material que flutuou (fração C) daquele que afundou (fração D). Dados:

Polímero	d (g/cm$_3$) (densidade na temperatura de trabalho)
polietileno (PE)	0,91 a 0,98
poliestireno (PS)	1,04 a 1,06
policloreto de vinila (PVC)	1,35 a 1,42

Quadro 2.11
Questão Q69.

As frações A, C e D eram respectivamente:

a) PE, PS e PVC.
b) PS, PE e PVC.
c) PVC, PS e PE.
d) PS, PVC e PE.
e) PE, PVC e PS.

Q70. (UFBA) **Instrução**: indique as proposições verdadeiras, some os números a elas associados e indique o resultado em seu caderno. A matéria é constituída de átomos e possui propriedades que permitem identificar e classificar as formas sob as quais se apresenta na natureza. O quadro a seguir relaciona algumas propriedades de amostras da matéria.

Amostra	Densidade (g/mL) a 25 °C	Ponto de fusão (°C)	Ponto de ebulição (°C) a 1 atm
pentano	0,626	–130	36
álcool a 96 °GL	0,791	*	78,2
água do mar	1,025	*	*
café (solução)	1,10	*	*
moeda	3,25	*	*
ferro	7,86	1 535	2 885

* Não há ponto de fusão ou de ebulição definido.

Quadro 2.12 Questão Q70.

Com base nas informações do quadro e nos conhecimentos sobre estrutura e caracterização da matéria, pode-se afirmar:

(01) Densidade, ponto de fusão e de ebulição são propriedades funcionais da matéria.
(02) Ferro e pentano são substâncias puras.
(04) Água do mar e álcool a 96 °GL são substâncias compostas.
(08) Pentano é líquido a 25 °C e a 1 atm.
(16) Moeda e café são misturas.
(32) O pentano, no sistema formado por pentano e água do mar, constitui a fase superior.
(64) A massa de 50 mL de café é igual a 50 g.

Q71. (Unicamp-SP) A gasolina comercializada nos postos de serviço contém um teor padrão de álcool de 22% (volume/volume), permitido por lei. Isso significa que, em cada 100 mL de gasolina, há 22 mL de álcool. O teste utilizado para verificar esse teor é feito da seguinte maneira: em uma proveta de 100 mL colocam-se 50 mL de gasolina, 50 mL de água e agita-se o recipiente. Formam-se duas fases distintas, uma fase superior de gasolina e uma inferior de água e álcool, já que o álcool é mais solúvel em água do que em gasolina.

a) Qual é o volume de cada uma dessas fases?
b) Como esse teste indica se a gasolina vendida em um determinado posto contém mais álcool que o permitido?

Q72. (UFMG) Segundo um manual de aquariofilia, não são necessários cuidados especiais para fornecer oxigênio aos peixes. Desse manual, consta a seguinte informação: "O oxigênio está dissolvido na água por ser um dos seus constituintes...". Decida se a afirmação é **falsa** ou **verdadeira**. Justifique sua resposta.

Q73. (Enem) O Sol participa do ciclo da água, pois, além de aquecer a superfície da Terra dando origem aos ventos, provoca a evaporação da água dos rios, lagos e mares. O vapor da água, ao se resfriar, condensa em minúsculas gotinhas, que se agrupam formando nuvens, neblinas ou névoas úmidas. As nuvens podem ser levadas pelos ventos de uma região para outra. Com a condensação e, em seguida, a chuva, a água volta à superfície da Terra, caindo sobre o solo, rios, lagos e mares. Parte dessa água evapora retornando à atmosfera, outra parte escoa superficialmente ou infiltra-se no solo, indo alimentar rios e lagos. Esse processo é chamado de ciclo da água.

Considere as seguintes afirmativas:

I. A evaporação é maior nos continentes, uma vez que o aquecimento ali é maior do que nos oceanos.
II. A vegetação participa do ciclo hidrológico por meio da transpiração.
III. O ciclo hidrológico condiciona processos que ocorrem na litosfera, na atmosfera e na biosfera.
IV. A energia gravitacional movimenta a água dentro do seu ciclo.
V. O ciclo hidrológico é passível de sofrer interferência humana, podendo apresentar desequilíbrios.

a) Somente a afirmativa III está correta.
b) Somente as afirmativas III e IV estão corretas.
c) Somente as afirmativas I, II e V estão corretas.
d) Somente as afirmativas II, III, IV e V estão corretas.
e) Todas as afirmativas estão corretas.

Q74. (Enem) Segundo o poeta Carlos Drummond de Andrade, a "água é um projeto de viver". Nada mais correto, se considerarmos que toda água com a qual convivemos carrega, além do puro e simples H_2O, muitas outras substâncias nela dissolvidas ou em suspensão. Assim, o ciclo da água, além da própria água, promove o transporte e a redistribuição de um grande conjunto de substâncias relacionadas à dinâmica da vida.

No ciclo da água, a evaporação é um processo muito especial, já que apenas moléculas de H_2O passam para o estado gasoso. Desse ponto de vista, uma das consequências da evaporação pode ser:

a) a formação da chuva ácida, em regiões poluídas, com quantidades muito pequenas de substâncias ácidas evaporadas com a água.
b) a perda de sais minerais no solo, que são evaporados com a água.
c) o aumento, nos campos irrigados, da concentração de sais minerais na água presente no solo.
d) a perda, nas plantas, de substâncias indispensáveis à manutenção da vida vegetal por meio da respiração.
e) a diminuição, nos oceanos, da salinidade das camadas de água mais próximas da superfície.

Q75. (UFRN) A água, o solvente mais abundante na Terra, é essencial à vida no planeta. Mais de 60% do corpo humano é formado por esse líquido. Um dos modos possíveis de reposição da água perdida pelo organismo é a ingestão de sucos e refrescos, tais como a limonada, composta de água, açúcar (glicose), limão e, opcionalmente, gelo. Um estudante observou que uma limonada fica mais doce quando o açúcar é dissolvido na água antes de se adicionar o gelo. Isso acontece porque, com a diminuição da:

a) densidade, diminui a solubilidade da glicose.
b) temperatura, aumenta a solubilidade da glicose.
c) temperatura, diminui a solubilidade da glicose.
d) densidade, aumenta a solubilidade da glicose.

Q76. (UFRN) A figura *A*, a seguir, mostra a posição do gelo [H_2O (s)] na limonada, e a figura *B* mostra o que acontece com o gelo quando a água [H_2O (l)] da limonada é substituída por etanol.

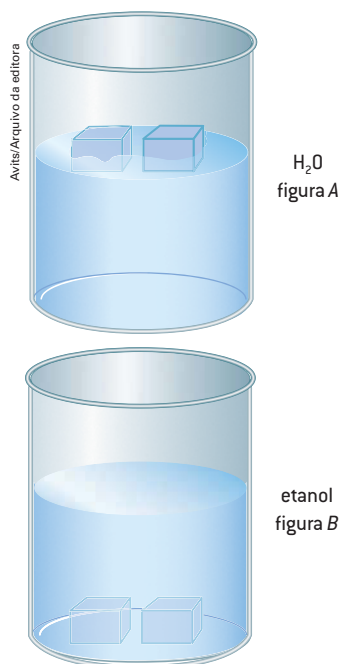



Figura 2.41
Questão Q76.

O fato de o gelo flutuar no copo da figura *A* e afundar no copo da figura *B* se explica porque, comparativamente, a densidade:

a) do gelo > da água > do etanol.
b) da água > do gelo > do etanol.
c) da água > do etanol > do gelo.
d) do etanol > do gelo > da água.

Q77. (Enem) Pelas normas vigentes, o litro do álcool hidratado que abastece os veículos deve ser constituído de 96% de álcool puro e 4% de água (em volume). As densidades desses componentes são dadas no quadro a seguir.

Substância	Densidade (g/L)
água	1 000
álcool	800

Quadro 2.13 Questão Q77.

Um técnico de um órgão de defesa do consumidor inspecionou cinco postos suspeitos de venderem álcool hidratado fora das normas. Colheu uma amostra do produto em cada posto, mediu a densidade de cada uma, obtendo:

Posto	Densidade do combustível (g/L)
I	822
II	820
III	815
IV	808
V	805

Quadro 2.14 Questão Q77.

A partir desses dados, o técnico pôde concluir que estavam com o combustível adequado somente os postos:

a) I e II.
b) I e III.
c) II e IV.
d) III e V.
e) IV e V.

Q78. (Enem) No processo de fabricação de pão, os padeiros, após prepararem a massa utilizando fermento biológico, separam uma porção de massa em forma de "bola" e a mergulham num recipiente com água, aguardando que ela suba, como pode ser observado, respectivamente, em I e II do esquema a seguir. Quando isso acontece, a massa está pronta para ir ao forno.

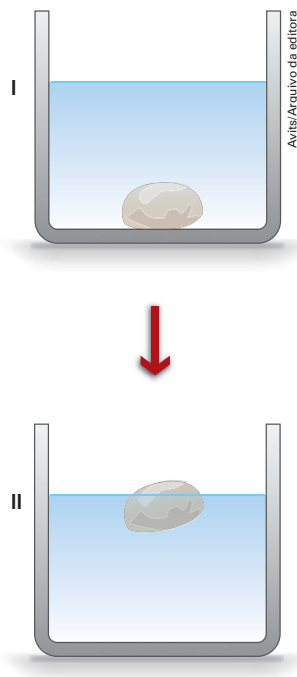
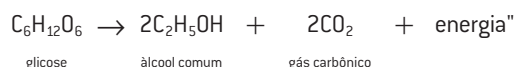



Figura 2.42 Questão Q78.

Um professor de Química explicaria esse procedimento da seguinte maneira: "A bola de massa torna-se menos densa que o líquido e sobe. A alteração da densidade deve-se à fermentação, processo que pode ser resumido pela equação:

$$\underset{\text{glicose}}{C_6H_{12}O_6} \longrightarrow \underset{\text{álcool comum}}{2C_2H_5OH} + \underset{\text{gás carbônico}}{2CO_2} + \text{energia"}$$

Considere as afirmações a seguir.

I. A fermentação dos carboidratos da massa de pão ocorre de maneira espontânea e não depende da existência de qualquer organismo vivo.

II. Durante a fermentação ocorre produção de gás carbônico, que vai se acumulando em cavidades no interior da massa, o que faz a bola subir.

III. A fermentação transforma a glicose em álcool. Como o álcool tem maior densidade do que a água, a bola de massa sobe.

Dentre as afirmativas, apenas:

a) I está correta.

b) II está correta.

c) I e II estão corretas.

d) II e III estão corretas.

e) III está correta.

Q79. (UPM-SP) As curvas de solubilidade têm grande importância no estudo das soluções, já que a temperatura influi decisivamente na solubilidade das substâncias. Considerando as curvas de solubilidade dadas pelo gráfico a seguir, é **correto** afirmar que:

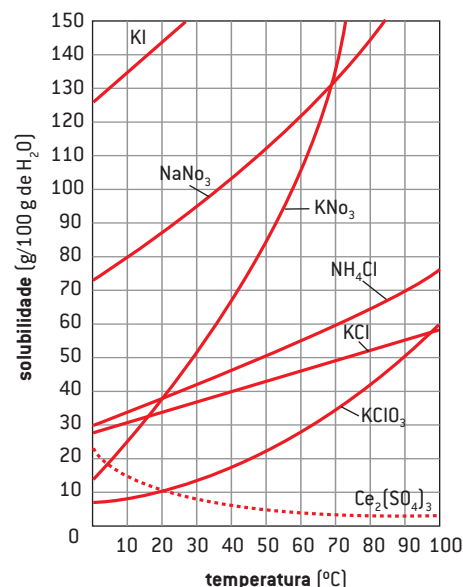



Figura 2.43 Questão Q79.

a) há um aumento da solubilidade do sulfato de cério com o aumento da temperatura.

b) a 0 °C o nitrato de sódio é menos solúvel que o cloreto de potássio.

c) o nitrato de sódio é a substância que apresenta a maior solubilidade a 20 °C.

d) resfriando-se uma solução saturada de $KClO_3$, preparada com 100 g de água, de 90 °C para 20 °C, observa-se a precipitação de 30 g desse sal.

e) dissolvendo-se 15 g de cloreto de potássio em 50 g de água a 40 °C, obtém-se uma solução insaturada.

Q80. (Ufes) Observe os gráficos a seguir, que registram o aquecimento e o resfriamento da água pura.

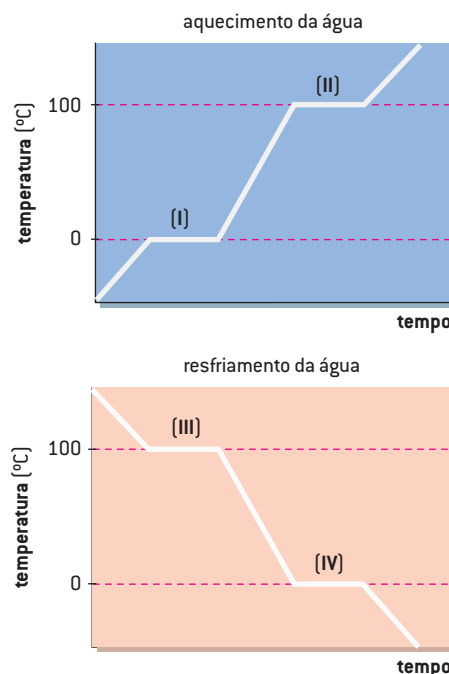



Figura 2.44 Questão Q80.

As etapas (I), (II), (III) e (IV) correspondem, respectivamente, às seguintes mudanças de estados físicos:

a) fusão, ebulição, condensação e solidificação.
b) condensação, solidificação, fusão e ebulição.
c) solidificação, condensação, fusão e ebulição.
d) fusão, ebulição, solidificação e condensação.
e) ebulição, condensação, solidificação e fusão.

Q81. (UFF-RJ) Joseph Cory, do Instituto Technion de Israel montou um equipamento que consiste em uma série de painéis plásticos que coletam o orvalho noturno e o armazenam num depósito situado na base do coletor. Um coletor de 30 m^2 captura até 48 L de água potável por dia. Dependendo do número de coletores, é possível produzir H_2O suficiente para comunidades que vivem em lugares muito secos ou em áreas poluídas. A inspiração de Joseph foi baseada nas folhas das plantas, as quais possuem uma superfície natural de "coleta" do orvalho noturno.

Afirma-se que a formação do orvalho resulta de:

I. uma mudança de estado físico chamada condensação.
II. uma transformação química chamada sublimação.
III. uma transformação físico-química denominada oxirredução.
IV. uma transformação química chamada vaporização.
V. uma mudança de estado físico chamada sublimação.

Está(ão) **correta(s)** a(s) afirmativa(s):

a) I, II e IV, apenas.
b) I e III, apenas.
c) I, apenas.
d) V, apenas.
e) II e IV, apenas.

Q82. (Unimontes-MG) O ciclo hidrológico a seguir representa, de forma simplificada, como a água se movimenta de um meio para outro na Terra, através de mecanismos, como precipitação, escoamento superficial, infiltração e evapotranspiração.

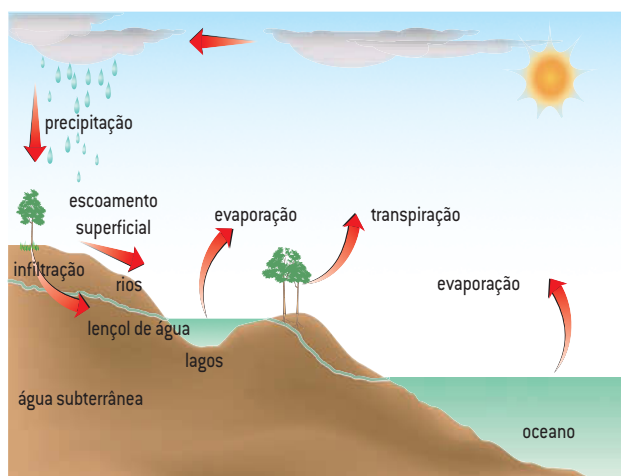



Figura 2.45 Questão Q82.

Em relação aos mecanismos de transferência de água, é **incorreto** afirmar que:

a) A transferência de água superficial do estado líquido para o gasoso independe da temperatura.
b) A quantidade de água que escoa superficialmente depende da capacidade de infiltração do solo.
c) A alimentação dos rios em períodos secos é favorecida quando o solo é coberto com vegetação.
d) A água poluída não se infiltra no solo.

Q83. (Ufla-MG) Um sistema de resfriamento muito utilizado atualmente, principalmente em lugares públicos, é o ventilador com borrifador de água. As gotículas de água formadas sofrem evaporação, removendo calor do ambiente. Com relação ao processo de vaporização da água, indique a alternativa **incorreta**:

a) A vaporização é a passagem do estado líquido para o de vapor.
b) A água somente evapora quando a temperatura de 100 °C é atingida.
c) Durante a ebulição ocorre a vaporização do líquido.
d) A calefação é um modo de vaporização.
e) A vaporização da água é um processo endotérmico.

Q84. (Unemat-MT) Colocando-se uma bolinha de massa, contendo fermento para pães e bolos, dentro de um copo com água, verifica-se que a bolinha afunda e, após um determinado período de tempo, ela passa a flutuar, o que indica o momento de assar o pão ou o bolo. Neste contexto, é **correto** afirmar que:

a) a bolinha flutua, pois solubiliza-se na água.
b) a bolinha flutua, pois sofre redução de sua massa.
c) a bolinha flutua, pois torna-se menos densa que a água.
d) o processo de fermentação torna a água menos densa que a bolinha.
e) a bolinha flutua, pois a água sofre aumento da sua massa.

Q85. (UFPI) Em uma cena de um filme, um indivíduo corre carregando uma maleta (de volume 20 dm^3) cheia de barras de um certo metal. Considerando que um adulto de peso médio (70 kg) pode deslocar, com uma certa velocidade, no máximo o equivalente ao seu próprio peso, indique qual o metal contido na maleta, observando os dados do quadro a seguir:

Metal	**Densidade** (em g/cm^3)
alumínio	2,7
zinco	7,1
prata	10,5
chumbo	11,4
ouro	19,3

Quadro 2.15 Questão Q85.

a) alumínio.
b) zinco.
c) prata.
d) chumbo.
e) ouro.

Q86. (Unicamp-SP) Qual o estado físico das substâncias do quadro a seguir, quando as mesmas se encontram no deserto da Arábia, à temperatura de 50 °C?

Substâncias	TF °C	TE °C
clorofórmio	−63	61
éter etílico	−116	34
etanol	−117	78
fenol	41	182
pentano	−130	36

Quadro 2.16 Questão Q86.

Q87. (Ufla-MG) Para um sistema formado por um recipiente, água líquida e um sólido, observa-se uma transformação, conforme a figura a seguir:

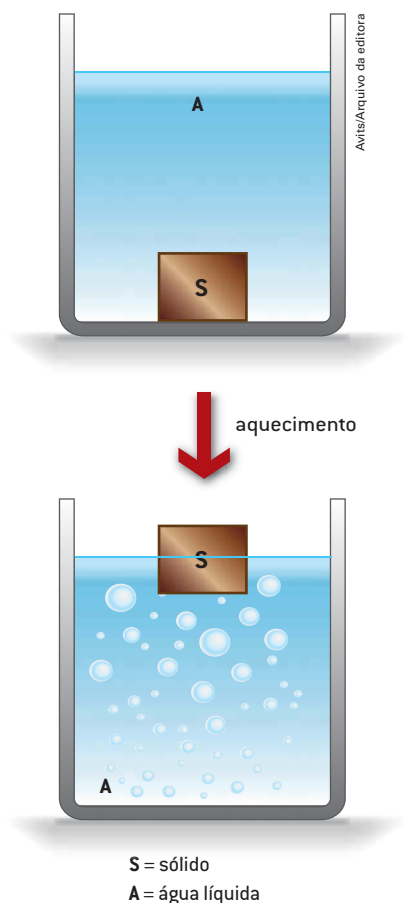



Figura 2.46 Questão Q87.

No que diz respeito ao fenômeno observado, pode-se afirmar que:

a) a densidade do líquido aumenta com o aquecimento.

b) a densidade do líquido é maior que a do sólido após o aquecimento.

c) o sólido se contrai com o aquecimento.

d) o recipiente e o líquido se expandem com o aquecimento, porém não há alteração na densidade.

Q88. (Fatec-SP) Considere o gráfico seguinte, que relaciona massas e volumes de diferentes amostras de titânio puro.

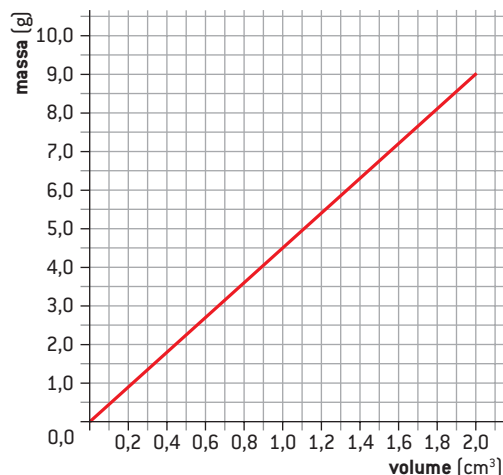



Figura 2.47 Questão Q88.

Analisando-se esse gráfico, conclui-se que a densidade do metal em questão é, em g/cm^3, igual a aproximadamente:

a) 1,5. b) 2,5. c) 3,0. d) 4,5. e) 6,0.

Q89. (PUC-MG) Em um laboratório de Química, foram encontrados cinco recipientes sem rótulo, cada um contendo uma substância pura líquida e incolor. Para cada uma dessas substâncias, um estudante determinou as seguintes propriedades:

1. ponto de ebulição
2. massa
3. volume
4. densidade

Indique as propriedades que podem permitir ao estudante a identificação desses líquidos.

a) 1 e 2. b) 1 e 3. c) 2 e 4. d) 1 e 4.

Q90. (UFPE) Para identificar três líquidos – de densidades 0,8, 1,0 e 1,2 – o analista dispõe de uma pequena bola de densidade 1,0. Conforme as posições das bolas apresentadas no desenho a seguir, podemos afirmar que:

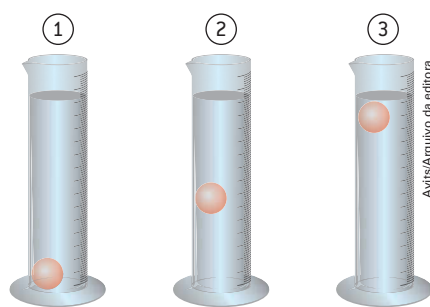



Figura 2.48 Questão Q90.

a) os líquidos contidos nas provetas 1, 2 e 3 apresentam densidades 0,8, 1,0 e 1,2.

b) os líquidos contidos nas provetas 1, 2 e 3 apresentam densidades 1,2, 0,8 e 1,0.

c) os líquidos contidos nas provetas 1, 2 e 3 apresentam densidades 1,0, 0,8 e 1,2.

d) os líquidos contidos nas provetas 1, 2 e 3 apresentam densidades 1,2, 1,0 e 0,8.

e) os líquidos contidos nas provetas 1, 2 e 3 apresentam densidades 1,0, 1,2 e 0,8.

CAPÍTULO

3 Materiais: estudo de processos de separação e purificação

A separação de misturas é tarefa essencial tanto num laboratório químico quanto em várias atividades humanas relacionadas à obtenção de materiais. Em um laboratório, os produtos obtidos de reações químicas normalmente estão misturados. Portanto, separar esses produtos é parte da atividade cotidiana do químico.

O grau de pureza dos produtos a serem separados depende do uso que vamos fazer deles. Nas atividades de nosso curso, vamos usar reagentes comerciais mais baratos justamente por apresentarem mais impurezas. Se estivéssemos fazendo análises químicas num laboratório para determinar, por exemplo, o teor de ferro num minério de ferro, teríamos de usar reagentes com maior grau de pureza, geralmente os mais caros. Em princípio, quanto maior o grau de pureza, mais caro é o reagente, porque passou por processos mais sofisticados de separação de impurezas.

Sérgio Dotta Jr./Arquivo da editora

Sérgio Dotta Jr./Arquivo da editora

Reagentes químicos são encontrados no mercado com diferentes graus de pureza. É o caso da acetona comercial e da acetona PA.

Pixmann/Alamy/Other Images

Figura 3.1 A atividade de purificação de substâncias é parte do trabalho cotidiano do químico.

texto 1

O tratamento de água e os processos de separação de misturas

CONTEÚDO DIGITAL

A obtenção da água potável em **estações de tratamento** é um exemplo de atividade complexa de separação de misturas. A água de rios ou lagoas tem muitos resíduos sólidos, por isso tem que passar por uma série de processos para que esses resíduos sejam removidos.

No Rio de Janeiro, há uma estação de tratamento de águas que abastece a região metropolitana. Nessa estação, o primeiro processo que ocorre é a captação das águas. Ela é feita por meio de barragens, uma para elevar o nível da água, e outra para reter os sólidos flutuantes. A seguir a água entra na estação propriamente dita, por dois túneis.

Ricardo Azoury/Pulsar Imagens

Figura 3.2
Vista aérea de estação de tratamento de águas, no estado do Rio de Janeiro.

O primeiro processo por que passa a água dentro da estação de tratamento é a adição do sulfato de alumínio – $Al_2(SO_4)_3$ – para formação de flocos com a sujeira da água. Esse produto é obtido por uma reação química entre óxido de alumínio (Al_2O_3) e ácido sulfúrico (H_2SO_4). Para melhorar a eficiência desse processo, é utilizada uma substância conhecida como polieletrólito, cuja finalidade é aumentar os pesos dos flocos.

Os flocos formados são consequência da aglutinação provocada pelas substâncias coagulantes com as partículas coloidais – partículas com dimensões entre 1 e 1 000 nanômetros (nm) – que provocam o aspecto barrento na água bruta. Dessa forma, inicia-se um processo de separação das impurezas da água, que é realizado em uma unidade denominada **floculador**.

A seguir, a água passa por decantadores, onde as partículas floculadas sedimentam pela ação da gravidade. Neste ponto, calhas introduzidas nos decantadores conduzem a água clarificada para filtros de areia e carvão mineral. Os flocos que não decantaram ficam retidos nesses filtros.

Após a passagem pelos filtros, a água torna-se totalmente límpida e daí chega a um grande reservatório de contato, onde será efetuada a aplicação de cloro para a desinfecção, permanecendo o tempo necessário para a total eliminação de bactérias e outros microrganismos patogênicos que não tenham sido eliminados nos processos anteriores de tratamento.

Após a desinfecção com cloro, tem-se a adição de cal virgem (óxido de cálcio, CaO) para eliminação da acidez da água, protegendo as tubulações e os equipamentos. Finalmente há a fluoretação, que consiste na adição de flúor e auxilia na prevenção da cárie dentária.

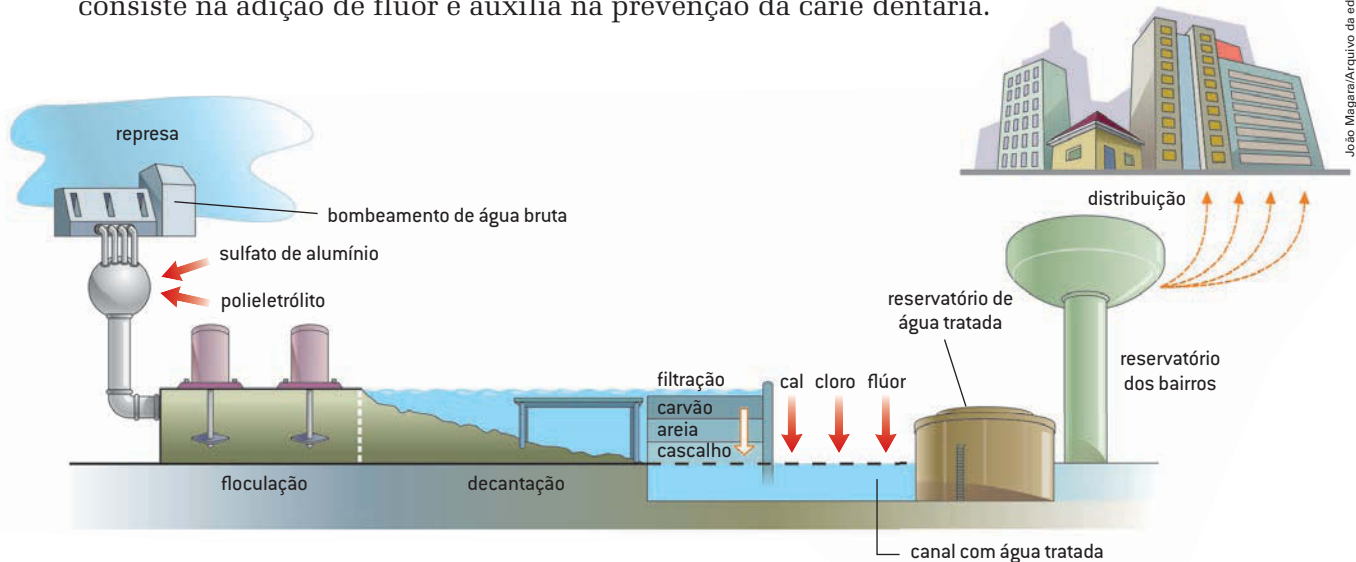



Figura 3.3
Etapas do tratamento: Floculação – estágio de formação dos flocos; Decantação – fase em que os flocos afundam separando-se da água; Filtração – etapa em que os flocos que não afundaram no decantador são retidos; Adição de substâncias: cloro, cal virgem e flúor.

3

Como é feito o tratamento da água?

A estação de tratamento de água localizada no estado do Rio de Janeiro produz cerca de 43 mil litros de água por segundo. Isso significa mais de 3,7 bilhões de litros de água saindo diariamente da estação de tratamento para abastecer os municípios do Rio de Janeiro, Baixada Fluminense e Itaguaí, atendendo a um padrão de qualidade internacional.

Para tratar tamanha quantidade de água, gasta-se uma média diária de 120 toneladas de coagulantes (sulfato de alumínio ou cloreto férrico ou ainda sulfato ferroso oxidado), 20 toneladas de cal virgem, 15 toneladas de cloro e 200 kg de polieletrólito, além da adição de 7 toneladas de ácido fluossilícico. Além disso, essa estação de tratamento tem um consumo de energia de cerca de 25 mil MWh por mês, o que representa o consumo de energia de uma cidade de 600 mil habitantes.

Questões

Q1. De acordo com o Texto 1, indique os processos de separação de misturas envolvidos no tratamento de água. Consulte o Texto 3, se necessário.

Q2. Por que é necessário filtrar a água em nossa residência, mesmo depois de ela ter passado por um processo de filtração na estação de tratamento?

Q3. Considerando o processo de tratamento de água descrito no Texto 1, elabore um argumento que justifique a necessidade de economizarmos a água que utilizamos em nossas casas.

texto 2

O tratamento de esgotos e os processos de separação de misturas

O tratamento de esgotos é um tipo de atividade que envolve a separação de misturas, com o intuito de obter água com níveis aceitáveis de contaminação para ser lançada em rios, lagoas ou oceano.

No Brasil, a ausência de tratamento sistemático de esgotos domésticos e industriais tem gerado sérios problemas ambientais. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), em relatório de 2000, apenas 28,2% do esgoto gerado no Brasil é tratado, enquanto 66% do esgoto gerado na Europa e 90% na América do Norte são tratados.

Klaus Werner/Arquivo da editora

Figura 3.4
O tratamento de esgotos também envolve diversos processos de separação de misturas.

São Paulo possui diversas estações de tratamento de esgotos, situadas na capital do estado e no seu entorno. Uma dessas estações situa-se à margem do Rio Tietê, nas proximidades do km 25 da Rodovia Ayrton Senna. Essa estação de tratamento atende basicamente o extremo leste do município de São Paulo, e ainda parte das cidades de Guarulhos, Arujá, Ferraz de Vasconcelos e Itaquaquecetuba.

Essa estação de tratamento entrou em operação em 1998 e atende uma população de 720 mil habitantes, removendo 90% da carga orgânica dos esgotos que trata.

De forma geral, numa estação de tratamento, o esgoto passa primeiramente por um **gradeamento**, no qual ocorre a remoção de sólidos grosseiros, pois o material de dimensões maiores do que o espaçamento entre as barras é retido. O gradeamento tem por função proteger as unidades subsequentes da estação, como as bombas e tubulações, bem como reter os sólidos maiores para que não estejam presentes nos processos posteriores.

Em seguida, ocorre a **desarenação**, que é a remoção de areia dos esgotos por sedimentação. Os grãos de areia, em razão de suas dimensões e densidade, vão para o fundo do tanque, enquanto a matéria orgânica, de sedimentação bem mais lenta, permanece em suspensão, seguindo para as próximas unidades. O objetivo da desarenação é evitar abrasão nas bombas e tubulações, impedir a obstrução em tubulações e facilitar o transporte do líquido.

Após esses processos, ocorre o que se chama **tratamento primário**, que consiste na remoção de sólidos sedimentáveis que estão em suspensão, materiais flutuantes (óleos e graxas) e parte da matéria orgânica em suspensão.

Nesse processo de tratamento primário, os esgotos fluem vagarosamente através dos decantadores, permitindo que os sólidos em suspensão, que apresentam densidade maior do que a do líquido circundante, sedimentem gradualmente no fundo. Uma parte significativa desses sólidos em suspensão é compreendida por matéria orgânica. Essa massa de sólidos, denominada **lodo primário bruto**, pode ser adensada no poço de lodo do decantador, onde ocorre a diminuição da umidade. A seguir o lodo pode ser enviado diretamente para a digestão. Nesse processo de digestão, bactérias anaeróbias reduzem a carga orgânica dos esgotos.

Já o **tratamento secundário** tem por objetivo remover a matéria orgânica dissolvida e a matéria orgânica em suspensão não removida no tratamento primário. Normalmente isso é feito pela adição de microrganismos que aceleram os mecanismos de degradação, favorecendo a decomposição rápida dos poluentes orgânicos.

Figura 3.5
Esquema dos processos de tratamento de esgotos utilizado por estação de tratamento.

João Magara/Arquivo da editora

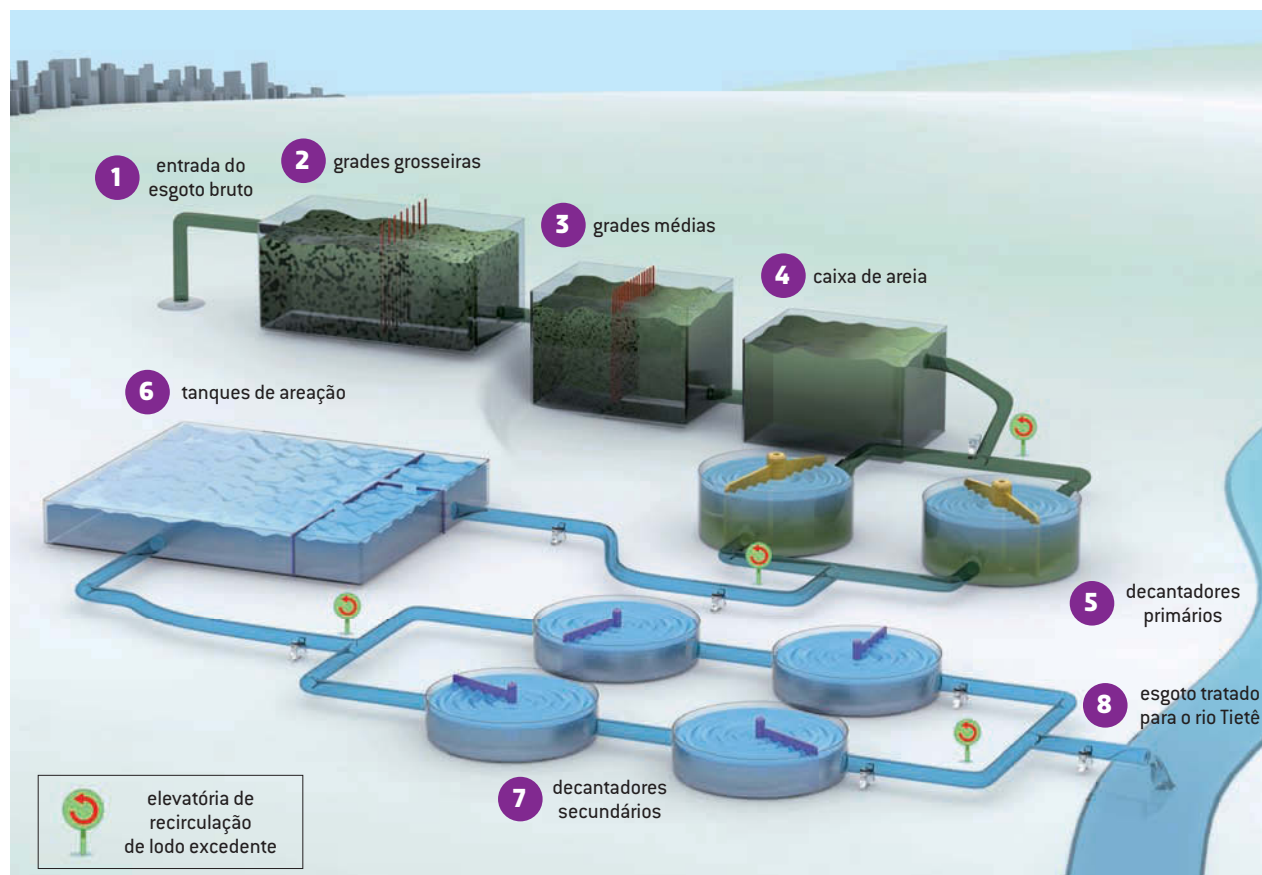
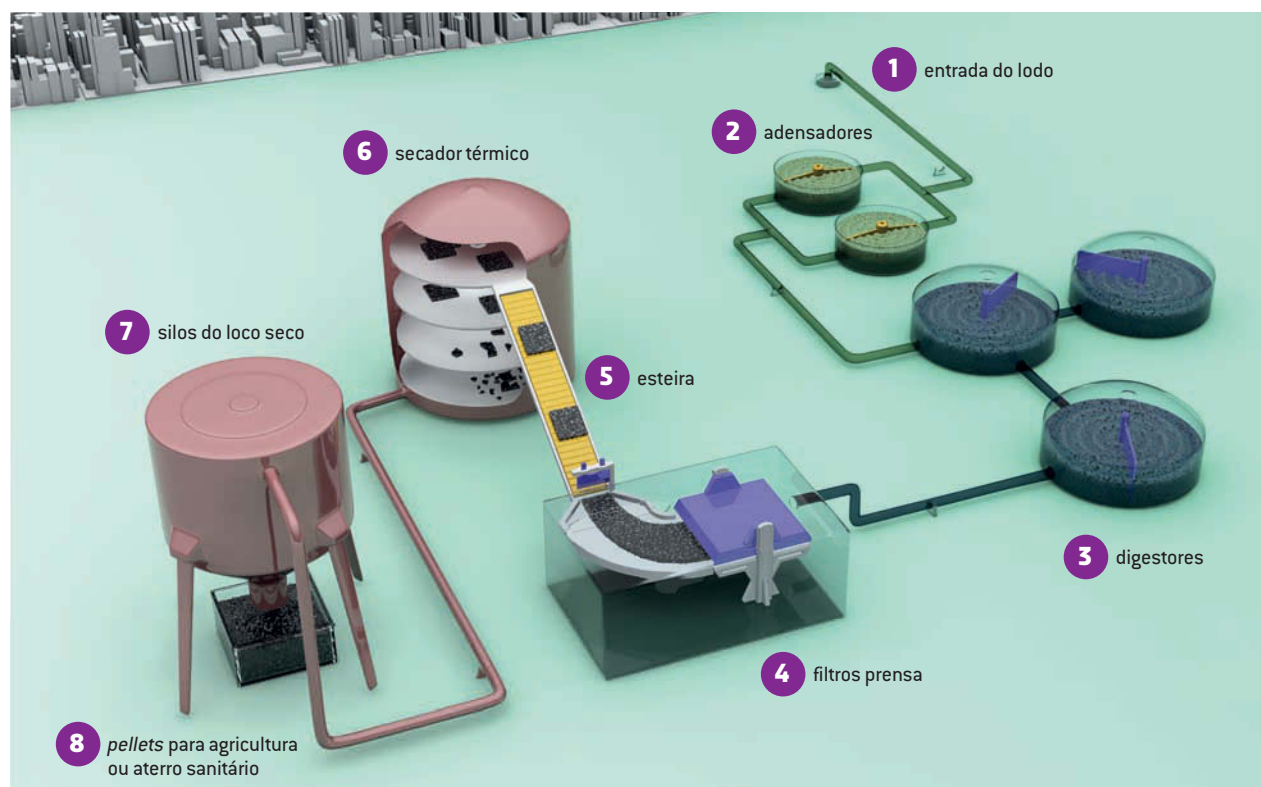
3

Ao longo desses processos é obtido um lodo contaminado, que também necessita ser tratado. Atualmente, na maioria das estações de tratamento do Brasil, esse lodo é prensado e enviado sob a forma de tortas para os esgotos sanitários. Em estações de tratamento mais modernas, no entanto, esse lodo é tratado e convertido em adubo para a agricultura.

Figura 3.6
Esquema dos processos de tratamento de lodo utilizado por estação de tratamento.

Lodo de esgoto será transformado em fertilizante

A Sabesp irá destinar o lodo de esgoto da estação de tratamento Lavapés, em São José dos Campos, para a produção de fertilizante. Diariamente, são produzidas mais de 30 toneladas de lodo, que em vez de serem depositadas no aterro sanitário passarão por um processo de compostagem. O adubo orgânico produzido poderá ser empregado, por exemplo, no plantio de mudas em áreas de reflorestamento.

"Trata-se de uma alternativa ambientalmente segura e altamente sustentável. A compostagem é um processo biológico em que microrganismos transformam a matéria orgânica em uma espécie de húmus, conhecido como composto", explica o gerente distrital da Sabesp, José Carlos Vilela.

Entre as alternativas de destinação do lodo de esgoto, a compostagem é economicamente a mais vantajosa, podendo custar até menos da metade comparada a outros métodos. Além de reduzir os volumes destinados ao aterro sanitário, outra vantagem é a reciclagem dos nutrientes presentes no lodo.

No próximo mês, será aberta licitação para definir a empresa que ficará responsável pela instalação e operação da central de compostagem na ETE Lavapés. A estação de tratamento entrou em operação em 1998 e foi a primeira na América Latina a utilizar oxigênio puro no processo. Atualmente, está em fase de ampliação.

SABESP. Lodo de esgoto será transformado em fertilizantes. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/imprensa/noticias-detalhe.aspx?secaoId=66&id=4117>. Acesso em: 29 out. 2012.

Questões

Q4. Indique os processos de separação de misturas envolvidos no tratamento de esgotos. Consulte o Texto 2 se necessário.

Q5. A produção do biossólido envolve um processo em que microrganismos transformam a matéria orgânica em uma espécie de húmus. Procure informações sobre esse processo e escreva sobre as transformações envolvidas.

Q6. Existe tratamento de esgotos na sua cidade? Qual porcentagem do esgoto produzido é tratada?

Óleo de cozinha usado pode contaminar água, solo e atmosfera

Batata frita, coxinha, pastel. São muitas as frituras gostosas que vão à mesa do brasileiro. Muita gente não sabe, porém, o que fazer com o óleo usado para preparar essas delícias. O resultado é que, na maioria das vezes, esse óleo é jogado na pia, no ralo ou mesmo no lixo comum. O despejo indevido de óleo na rede de esgotos ou nos lixões contamina a água, o solo e facilita a ocorrência de enchentes. O consumidor consciente pode evitar que isso aconteça reutilizando o óleo para fazer sabão – ou procurando alguma empresa ou entidade que reaproveite o produto.

Esta reportagem ouviu cientistas, ambientalistas e técnicos das companhias de tratamento de lixo e de esgoto da cidade de São Paulo. Uma conclusão é consensual: hoje não existe um modo de descarte ideal para o óleo usado. Seja misturado ao lixo orgânico, seja jogado no ralo, na pia ou na privada, o produto vai custar caro ao meio ambiente.

Um retrato do que pode acontecer no caso de ir parar no esgoto está na cidade de São Paulo. O óleo que não fica retido no encanamento – fato que pode atrair pragas – é tratado e separado da água em uma das cinco estações de tratamento da Sabesp (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo). O problema é que apenas 68% do esgoto coletado na capital paulista é efetivamente tratado.

O óleo que chega intacto aos rios e às represas da cidade fica na superfície da água e pode impedir a entrada da luz que alimentaria os fitoplânctons, organismos essenciais para a cadeia alimentar aquática. Além disso, quando atinge o solo, o óleo tem a capacidade de impermeabilizá-lo, dificultando o escoamento de água das chuvas, por exemplo. Tal quadro é propício para as enchentes.

Segundo a assessoria de imprensa da Sabesp, a melhor forma de descartar o óleo seria colocá-lo em um recipiente vedado, para que não haja riscos de vazar, e jogá-lo junto com o lixo comum. Mas essa opinião não encontra eco entre especialistas.

Lirany Guaraldo Gonçalves, professora do Departamento de Tecnologia de Alimentos e do Laboratório de Óleos e Gorduras da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), contesta essa forma de descarte. "O óleo dificilmente se decompõe, ele pode contaminar o solo e, consequentemente, os lençóis freáticos", diz. Para ela, o ideal é procurar um posto de coleta próximo e fazer a doação dos resíduos. "A solução para esse assunto não existe, o que existem são alguns caminhos", ressalta.

A opinião é compartilhada por Alexandre D'Avignon, professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e membro do Centro de Estudos Integrados sobre Meio Ambiente e Mudanças Climáticas. Ele ressalta que a decomposição do óleo, assim como de todo material orgânico, emite metano na atmosfera – esse gás de efeito estufa (GEE) contribui para o superaquecimento terrestre. Portanto, quanto mais o cidadão evitar o descarte do óleo no lixo comum, mais estará contribuindo para a preservação da atmosfera do planeta.

INSTITUTO AKATU. Óleo de cozinha usado pode contaminar água, solo e atmosfera. Disponível em: <www.akatu.org.br/temas/residuos/posts/oleo-de-cozinha-usado-pode-contaminar-agua-solo-e-atmosfera>. Acesso em: 30 jul. 2012.

Reaproveitando o óleo de cozinha: receita para fabricação de sabão de erva-doce

Ingredientes

- 5 L de óleo usado e coado
- 1 copo americano de fubá
- 500 mL de detergente líquido de coco
- 1 L de soda cáustica líquida
- 1 L de água fervente
- essência de erva-doce

Esta atividade deve ser realizada com a supervisão do professor ou de outro adulto. No passo 2 do Modo de preparo é utilizada água fervente. Peça a ajuda de um adulto, tomando cuidado ao manipular a água. Cuidado também ao manipular a soda cáustica (hidróxido de sódio – NaOH). Evite o contato com a pele. Se isso ocorrer, lave-a com água em abundância. Em caso de ingestão acidental, **não** provoque vômito e beba grandes quantidades de água. Procure imediatamente um médico.

Modo de preparo

1. Em um balde grande, adicione o óleo coado, junte o fubá, o detergente, a soda cáustica e mexa bem.
2. Depois de misturados, acrescente a água fervente e a essência de erva-doce. Continue mexendo por 40 minutos sem parar.
3. Coloque a massa na fôrma e deixe descansar por dez dias (até endurecer). Caso deseje colocar em um único recipiente, corte no formato desejado antes de a barra endurecer completamente.

Questões

Q7. O texto afirma que "o óleo que chega intacto aos rios e às represas da cidade fica na superfície da água [...]." Explique por que isso acontece.

Q8. Ainda no texto é dito que "a melhor forma de descartar o óleo seria colocá-lo em um recipiente vedado, para que não haja riscos de vazar, e jogá-lo junto com o lixo comum.". No próprio texto são apresentados dois contra-argumentos relacionados a essa ideia. Quais são esses contra-argumentos?

Q9. Os nutricionistas recomendam que a ingestão de frituras seja restrita. Procure informações sobre essa questão, em revistas, jornais, internet, e depois pesquise qual o consumo diário de frituras em sua casa. Indique as fontes de pesquisa que utilizou.

Q10. Proponha alternativas para diminuir o consumo de frituras em sua casa e apresente-as à sua família.

atividade 1

Purificando a água

Nesta atividade, vocês vão tentar simular processos usados no tratamento de água para livrá-la de barro e de outras impurezas insolúveis. Reúna-se com seu grupo e procurem conseguir uma amostra de água barrenta. Discutam com outros grupos como e onde as amostras foram obtidas.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 3.7
Nesta atividade, vocês vão pensar em procedimentos que podem tornar límpida a água barrenta.

A1 Discuta com seu grupo quais os procedimentos que podem ser utilizados para obter:

a) água límpida (sem barro);

b) água potável;

c) água destilada.

A2 Demonstrem os procedimentos possíveis de realizar em sala de aula ou no laboratório, caso a sua escola possua um.

Muitos mananciais de água subterrânea são alimentados por águas das chuvas que se infiltram nos solos. Sabe-se que a água das chuvas, ao se misturar com o solo, fica barrenta. No entanto, a água dos mananciais é geralmente límpida e potável.

Scott Sinklier/Ag Stock Images/Corbis/Latinstock

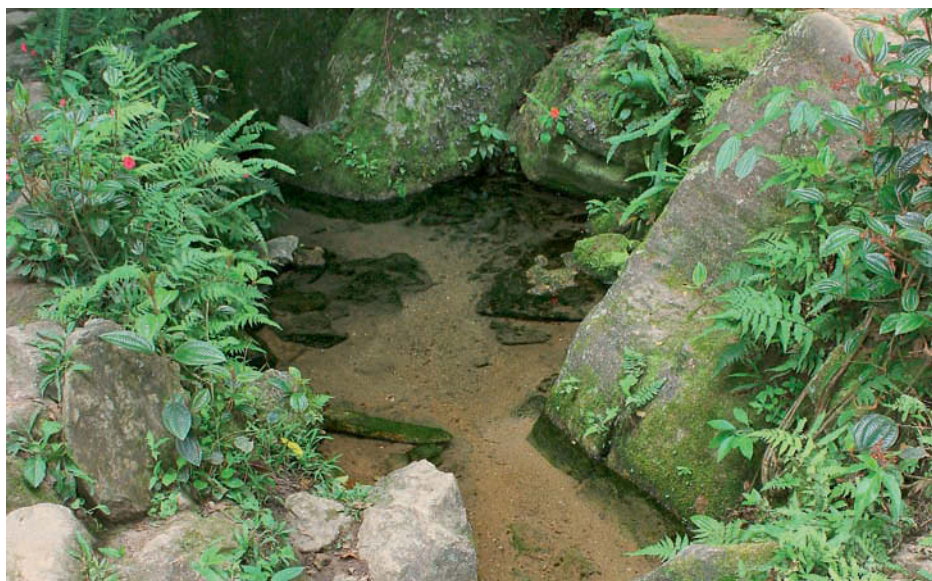
Figura 3.8
A água da chuva infiltra-se nos solos alimentando mananciais subterrâneos.

Rubens Chaves/Pulsar Images

Figura 3.9
Nascente do rio Tietê, em Salesópolis (SP), 2005. A água dos mananciais é límpida.

A3 Pesquisem em livros, jornais, revistas e na internet informações sobre o processo pelo qual a água da chuva é purificada até chegar ao manancial. Descrevam esse processo com detalhes, usando desenhos ou colagens para ilustrá-lo. Citem os meios de comunicação consultados.

A4 Construam um purificador de água tendo por base as informações pesquisadas no item anterior e usem-no para purificar a amostra de água barrenta.

texto 3

Sistemas, fases, misturas e processos de separação

Sistemas abertos, fechados e isolados

Chamamos de **sistema** tudo aquilo que isolamos do universo com finalidade de estudo. Para um biólogo, um sistema pode ser uma região inteira – como a Amazônia – ou uma única planta. O sistema mais simples para um químico é uma reação química que se processa, por exemplo, num tubo de ensaio. Nesse caso, chamamos as paredes do tubo de **fronteira do sistema**, e a região em volta dele, de **vizinhança**.

João Ramid/Arquivo da editora

Deco Imagens II/Alamy/Other Images

Figura 3.10
Um sistema pode incluir toda uma região ou ser o conteúdo de um simples tubo de ensaio.

Um sistema pode ser aberto, fechado ou isolado. O **sistema aberto** pode trocar materiais e energia com a vizinhança. Por exemplo, quando adicionamos um pedaço de zinco a um tubo de ensaio sem tampa contendo ácido clorídrico concentrado, ocorre uma reação química que produz gás hidrogênio. Como o sistema é aberto, o gás se desprende para a atmosfera fornecendo materiais para a vizinhança. Ao colocarmos a mão no tubo de ensaio, percebemos que ele se aquece durante a reação. Como o tubo não está isolado, a energia produzida no sistema passa para a vizinhança.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 3.11
Zinco imerso em ácido clorídrico. Este é um exemplo de sistema aberto que pode trocar materiais e energia com o ambiente.

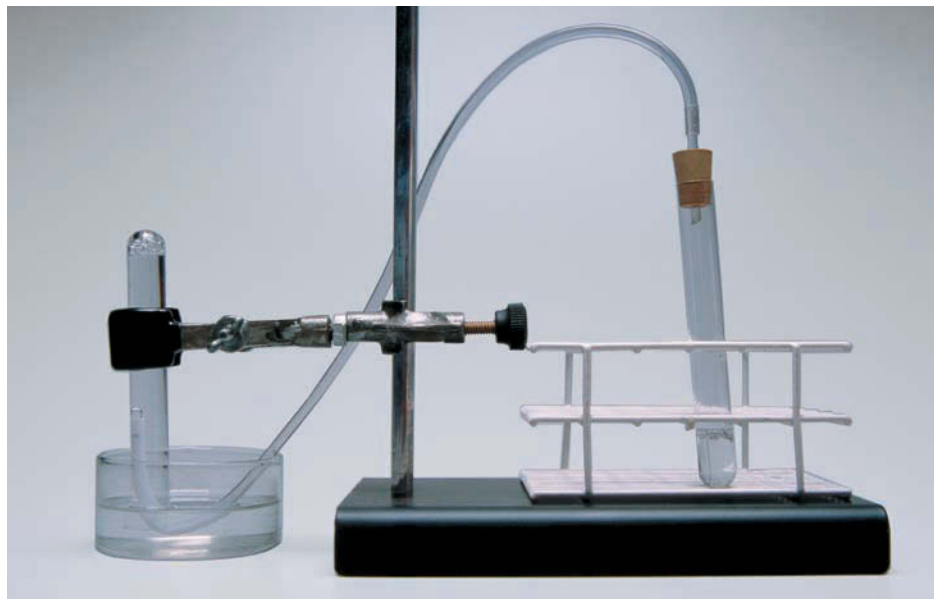
Se taparmos o tubo de ensaio com uma rolha e introduzirmos por ela uma sonda (tubo de pequeno diâmetro), poderemos coletar o gás produzido em outro recipiente. O conteúdo do tubo de ensaio, da sonda e do recipiente constituem um **sistema fechado**, pois não há troca de materiais com a vizinhança. Poderíamos obter um sistema fechado simplesmente tapando o tubo de ensaio com uma rolha. Nesse caso, entretanto, não seria um procedimento seguro, pois, se houver produção de grande quantidade de gás, a pressão no interior do tubo aumenta muito, projetando a rolha ou fazendo o tubo explodir.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 3.12
Um sistema fechado não troca materiais com a vizinhança.

3

O sistema descrito no parágrafo anterior, apesar de fechado, continuaria a ceder calor para a vizinhança, fato facilmente notado encostando-se a mão no tubo. Para que se tornasse isolado, seria necessário envolver o tubo com algum material isolante térmico. Um dos mais simples, porém pouco eficaz, é o jornal.

Portanto um **sistema isolado** é aquele que não troca materiais nem calor com a vizinhança. O exemplo mais comum é a garrafa térmica, que pode manter os líquidos (como café) quentes por muitas horas. É impossível, entretanto, obter um sistema que seja isolado perfeitamente. O problema está na eficiência do isolamento, ou seja, por quanto tempo o sistema pode permanecer isolado. A maioria dos sistemas isolados funciona eficientemente por algumas horas.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 3.13
Um sistema isolado não troca calor com o ambiente.

Fabio Mangabeira/Arquivo da editora

Figura 3.14
A garrafa térmica funciona como um sistema isolado por apenas algumas horas.

Componentes e fases de um sistema, sistemas homogêneos e heterogêneos

Um bom exemplo para iniciar a discussão sobre este tema é o do sistema composto por um copo com água e uma pedra de gelo. Supondo que a água e o gelo sejam puros, o sistema é composto de um único componente: a água. No entanto há duas fases distintas: a líquida e a sólida.

David Crockett/Alamy/Other Images

Figura 3.15
O sistema água e gelo apresenta um componente e duas fases.

Portanto os **componentes** de um sistema são as substâncias nele presentes e as **fases**, os aspectos dos componentes que podemos distinguir. No sistema da água e do gelo, há um componente e duas fases (**bifásico**).

Se dissolvermos certa quantidade de sal em um copo de água, a situação é outra. O sistema terá uma única fase (**monofásico**), pois não conseguiremos distinguir o sal dissolvido, e dois componentes: a água e o sal.

Fotos: Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 3.16
O sistema água e sal apresenta dois componentes e uma fase.

Se jogarmos água numa panela com óleo de cozinha, veremos o óleo flutuar na água. Nesse caso, o sistema é bifásico e tem dois componentes.

Fotos: Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 3.17
O sistema água e óleo tem dois componentes e duas fases.

Todo sistema que apresenta uma única fase é **homogêneo**. Já os sistemas com mais de uma fase, como os bifásicos, trifásicos e polifásicos, são heterogêneos. **Sistemas heterogêneos** com dois ou mais componentes são, normalmente, denominados **misturas heterogêneas**.

É o caso do sistema água e óleo. Apesar de comum, a expressão "misturas heterogêneas" não é adequada, pois água e óleo não se misturam.

Com base nesse raciocínio, concluímos que uma **mistura** deve ser constituída de dois ou mais componentes que estejam, de alguma forma, unidos.

Quando retira ouro do cascalho e da areia do fundo dos rios usando a bateia, o garimpeiro está separando os componentes de um sistema heterogêneo, pois é possível distinguir o ouro da areia ou cascalho. Se o ouro e a areia estivessem estreitamente misturados, não seria possível a separação por esse processo.

Os sistemas homogêneos com mais de um componente são chamados de **misturas homogêneas**. É o caso do sal dissolvido em água. O termo **solução** também é usado para designar esse tipo de sistema, principalmente quando se trata de uma mistura líquida.

Vejamos a seguir quais os processos que podemos empregar para separar os componentes de sistemas heterogêneos e de misturas homogêneas.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 3.18
Um sistema pode ser constituído de várias fases.

Separação dos componentes de misturas homogêneas e de sistemas heterogêneos

Para obter ouro do aluvião, o garimpeiro gira a bateia impulsionando a areia para as bordas, enquanto o ouro permanece no centro. A separação é possível porque os materiais reagem de modo diferente a uma ação mecânica (girar a bateia).

Os processos que empregam ações mecânicas para separar os componentes de um sistema heterogêneo são chamados de processos mecânicos de separação.

No caso da mistura homogênea de água e sal, não é possível a separação pelo emprego da ação mecânica. Para separar os componentes dessa mistura, será necessário alterar o estado físico de uma das substâncias, transformando, por exemplo, a água em vapor. Como as mudanças de estado são chamadas de transformações físicas, empregamos a expressão processo físico para designar esse tipo de separação.

Do exposto nos dois parágrafos anteriores, concluímos que empregamos **processos mecânicos de separação** para obter os componentes de um sistema heterogêneo e **processos físicos de separação** para obter os componentes de uma mistura homogênea.

A separação dos componentes de um sistema é tarefa comum em vários tipos de trabalho: no processo pelo qual se obtém o sal da água do mar, no tratamento de águas destinadas ao consumo público, na eliminação de partículas de poeira expelidas pelas chaminés de fábricas e até no preparo de um cafezinho (figura 3.19).

Para um químico, é uma tarefa fundamental, pois garante a obtenção de substâncias puras. Muitas vezes, o químico gasta mais tempo de seu trabalho separando e purificando os produtos obtidos em uma reação do que propriamente fazendo a reação acontecer.

Vejamos alguns exemplos mais comuns de processos mecânicos e de processos físicos de separação.

Sergio Dutti/Arquivo da editora

Egberto Nogueira/Arquivo da editora

Jorge Butsuem/Arquivo da editora

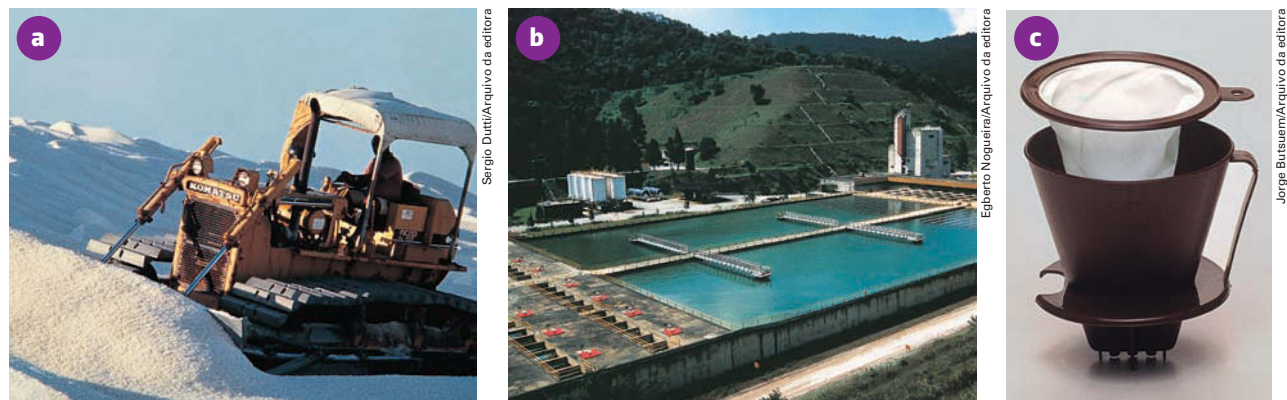



Figura 3.19
a) Salina. b) Estação de tratamento de água. c) Filtro de café.

Separando os componentes de um sistema heterogêneo: exemplos de processos mecânicos de separação

Filtração

É um processo empregado para separar um sólido de um líquido ou de um gás. Coar café com filtro de pano ou de papel para separar o pó do líquido, filtrar água em recipientes caseiros cujos elementos filtrantes são velas de porcelana porosa com carvão ativado em seu interior e aspirar pó com aparelhos específicos que utilizam filtro de pano são exemplos de processos de filtração observados no dia a dia.

No laboratório, usam-se filtros de papel de diferentes porosidades, empregados de acordo com o tamanho dos grãos sólidos que serão separados.

Fotos: Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 3.20
Diferentes tipos de filtros são empregados para diferentes finalidades:
a) filtros usados para coar café;
b) vela utilizada para filtrar água;
c) sistema de filtração utilizado em laboratório.

Decantação

É usada para separar um sólido de um líquido ou de um gás, como na separação de partículas lançadas pelas chaminés das fábricas ou na de líquidos que não se misturam.

No caso do sólido e do líquido, o procedimento consiste em deixar o sistema em repouso até que o sólido, normalmente mais denso, deposite-se no fundo. Após a decantação, pode-se aspirar o sólido do fundo, como se faz, por exemplo, no tratamento das águas de piscinas. Esse método é muito empregado nas estações de tratamento de água para abastecimento de cidades.

A câmara de poeira (ou chicana) é usada na indústria para separar partículas sólidas em suspensão em um gás. No interior dessa câmara, há uma série de paredes em zigue-zague que formam um obstáculo à passagem da mistura. À medida que o gás percorre a câmara, as partículas sólidas vão se depositando nas paredes. Ao sair da câmara, o gás tem menor quantidade de partículas.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

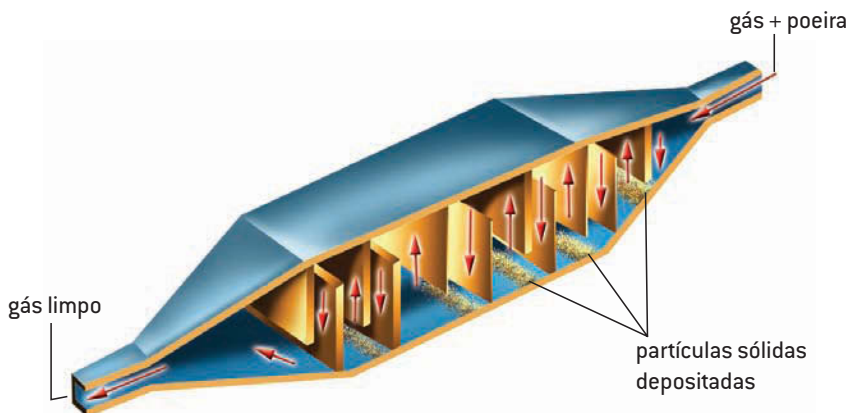



Figura 3.21
No laboratório, funis de decantação são muito usados para separar líquidos imiscíveis.

Paulo César Pereira/Arquivo da editora

Figura 3.22
Esquema de uma câmara de poeira.

Levigação

Este processo consiste em passar uma corrente de água por um sistema heterogêneo composto por sólidos de diferentes densidades. Ao flutuar, os sólidos menos densos são arrastados pela água, que, entretanto, não consegue arrastar os mais densos. É uma técnica muito usada na atividade de mineração.

Haroldo Palo Jr./kino.com.br

Figura 3.23
A levigação é empregada em minerações.

Peneiramento

Da mesma forma que a levigação, o peneiramento é usado na separação dos componentes de um sistema heterogêneo constituído de materiais sólidos. Como normalmente têm granulações (tamanho dos grãos) diferentes, os componentes são separados com o auxílio de uma peneira, que retém os grãos maiores. As peneiras são muito utilizadas em construção civil para separar a areia do cascalho. Há vários processos industriais que empregam a mesma técnica. Um bom exemplo é a separação de britas de diferentes tamanhos, empregada nas pedreiras.

Edson Sato/Pulsar Imagens

Figura 3.24
Peneiras também são usadas para separar materiais sólidos de tamanhos diferentes.

Separando os componentes de uma mistura homogênea: exemplos de processos físicos de separação

Para separar os componentes de uma mistura homogênea, consideramos os seguintes fatos: as substâncias apresentam propriedades físicas bem definidas e sua temperatura se mantém constante durante a mudança de estado. Assim, se aquecermos uma mistura de água e sal, quando essa mistura atingir a temperatura de ebulição (um pouco superior à temperatura de ebulição da água), o estado físico da água começa a mudar de líquido para vapor. Se tivermos um dispositivo apropriado (um aparelho de destilação), poderemos coletar a água num recipiente obtendo, separadamente, os dois componentes da mistura.

Destilação

Normalmente, este processo é utilizado para separar misturas homogêneas, também chamadas de soluções, constituídas de duas ou mais substâncias líquidas ou de sólidos totalmente dissolvidos em líquidos. Por meio do aquecimento da solução, é possível separar o componente cuja temperatura de ebulição é menor com o auxílio de um destilador de laboratório. Esse componente se vaporiza primeiro e se condensa ao entrar em contato com as superfícies frias do condensador e pode ser armazenado em outro recipiente.

A destilação também é empregada na fabricação de bebidas destiladas, como a cachaça, e na fabricação do álcool etílico (etanol, álcool de uso doméstico). Em uma mistura de várias substâncias diferentes (frações), usa-se a destilação fracionada. É o que acontece com o petróleo, do qual se obtém, por destilação, gasolina, querosene, óleo *diesel*, gás, etc. Nesse caso, usa-se uma coluna de destilação na qual as diferentes alturas da coluna correspondem a diferentes temperaturas. Assim, em cada parte da coluna, ocorre a destilação de uma das frações. As que evaporam mais rápido (mais voláteis) são destiladas na parte alta e as menos voláteis, na parte mais baixa.

Figura 3.25
Colunas de destilação para fabricação do etanol, em Sertãozinho (SP), 2003.

Figura 3.26
Esquema de uma torre de destilação fracionada de petróleo.

Existem misturas que não podem ser separadas por processos de destilação, uma vez que apresentam temperatura de ebulição constante, que pode ser menor ou maior que a de cada um dos componentes. Essas misturas são chamadas de misturas azeotrópicas ou simplesmente azeótropos.

Um exemplo importante é a mistura contendo 94,7% de álcool etílico e 5,3%, em massa, de água. Essa mistura muda do estado líquido para o de vapor como se fosse uma substância pura, mas só que a 78,2 °C, temperatura inferior às temperaturas de ebulição do álcool etílico (78,5 °C) e da água (100 °C). Essa peculiaridade torna a obtenção de álcool anidro (álcool etílico puro, isento de água) difícil. Uma solução para essa destilação é adicionar cal virgem à mistura azeotrópica. Nesse caso, a água reage com a cal formando o hidróxido de cálcio, o

que torna possível a destilação do álcool anidro. Outra saída é adicionar benzeno (um solvente), que forma com a água um azeótropo com temperatura de ebulição igual a 69,4 ºC, inferior à temperatura de ebulição do azeótropo álcool etílico e água. Assim, ao destilar a mistura, isola-se em primeiro lugar o azeótropo benzeno e água e, em seguida, o álcool anidro.

As misturas sólidas que se comportam de forma semelhante à mistura azeotrópica são chamadas de eutéticas. Um exemplo é a liga com 40% de cádmio e 60% de bismuto, que se funde a 140 ºC.

Liquefação

Esta técnica é utilizada para isolar os componentes de uma mistura gasosa. Aumentando a pressão do sistema gasoso e/ou diminuindo sua temperatura, alcança-se a temperatura de liquefação de um dos gases componentes da mistura, que se separa na forma de líquido. Esse processo é empregado para obter nitrogênio do ar atmosférico.

Dissolução

Empregada para separar uma mistura de sólidos, em que um é solúvel num determinado solvente e o outro não. É o caso de uma mistura de hidróxido de potássio e carbonato de cálcio. Como o hidróxido é bastante solúvel em água (o que não acontece com o carbonato), ao adicionar essa substância ao sistema, o hidróxido se dissolve. Por intermédio de uma filtração, separa-se o carbonato, o componente que não se dissolve. Em seguida, é só evaporar o solvente para obter o hidróxido de potássio puro.

Recristalização

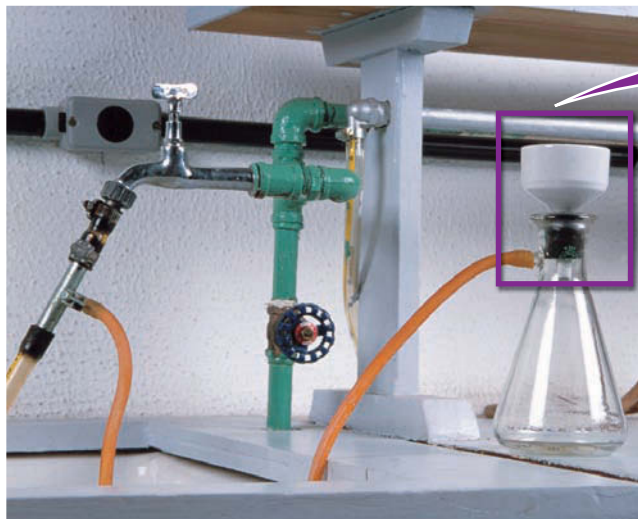
Técnica usada na purificação de substâncias cuja solubilidade aumenta com a temperatura. Aquece-se uma solução saturada até que todo o sólido se dissolva. Em seguida, filtra-se a solução com um dispositivo de filtração a vácuo. Com o resfriamento, o sólido recristaliza-se sem as impurezas que continha. Por esse processo, pode-se obter cristais puros de várias substâncias.

Fotos: Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 3.27
Dispositivo de filtração a vácuo utilizado na recristalização.

Questões

Não escreva no livro.

Q11. Qual a diferença entre componentes e fases de um sistema? Exemplifique.

Q12. Cite a diferença entre um sistema aberto e um fechado e dê exemplos.

Q13. Qual a diferença entre um sistema fechado e um isolado? Cite exemplos.

Q14. Indique a diferença entre um sistema homogêneo e um heterogêneo e exemplifique.

Q15. Seria conveniente utilizar a expressão “mistura heterogênea” para designar o sistema constituído de água e areia? Justifique.

Q16. Indique o melhor processo que pode ser empregado para separar os componentes dos sistemas a seguir, explicando cada caso e a propriedade que permitiu a separação:

a) água e óleo;

b) sal e areia;

c) álcool etílico e éter;

d) oxigênio do ar atmosférico;

e) sal de cozinha, iodeto de chumbo (insolúvel em água) e água.

Q17. Explique por que não é possível separar os componentes de uma mistura azeotrópica por destilação.

3

na internet

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/recursos/14438/ciclo_urbano_da_agua.swf>

Neste endereço você vai encontrar a animação “Ciclo Urbano da Água” que apresenta alguns processos de separação de materiais descritos neste capítulo. Acesso em: 29 out. 2012.

<www.cdcc.sc.usp.br/quimica/experimentos/separac.html>

Nesta página do Centro de Divulgação Científica e Cultural da Universidade de São Paulo (USP) você vai encontrar uma sugestão de um experimento que envolve processos de separação de misturas. Acesso em: 30 jul. 2012.

<www.labvirtq.fe.usp.br/simulacoes/quimica/sim_qui_zanzan.htm>

Nesta página do Laboratório Didático Virtual – Escola do Futuro – da USP, há uma simulação sobre separação de misturas homogêneas. Acesso em: 30 jul. 2012.

<http://qnesc.sbq.org.br>

Página da revista *Química Nova na Escola* (QNEsc), publicada pela Sociedade Brasileira de Química (SBQ). Os artigos estão disponíveis na íntegra e de forma totalmente gratuita. Estão disponíveis também os *Cadernos Temáticos* publicados desde 2001. Acesso em: 30 jul. 2012.

Questões de exames

Todas as questões devem ser respondidas em seu caderno. Não escreva no livro.

Q18. (UFMG) Durante a preparação do popular cafezinho brasileiro, são utilizados alguns procedimentos de separação de misturas. A alternativa que apresenta corretamente a sequência de operações utilizadas é:

a) destilação e decantação.

b) destilação e filtração.

c) extração e decantação.

d) extração e filtração.

Q19. (UFMG) Um limão foi espremido num copo contendo água, e as sementes ficaram no fundo do recipiente. A seguir, foi adicionado ao sistema um pouco de açúcar, que se dissolveu completamente. Em consequência, as sementes flutuaram. Indique a alternativa em que se explica corretamente a flutuação das sementes após a adição do açúcar.

a) A densidade do líquido aumentou.

b) O pH do sistema foi alterado.

c) A densidade das sementes diminuiu.

d) O número de fases do sistema aumentou.

Q20. (Unicamp-SP) "Os peixes estão morrendo porque a água do rio está sem oxigênio, mas, nos trechos de maior corredeira, a quantidade de oxigênio aumenta." Ao ouvir esta informação de um técnico do meio ambiente, um estudante que passava pela margem do rio ficou confuso e fez a seguinte reflexão: "Estou vendo a água no rio e sei que ela contém, em suas moléculas, oxigênio; então, como pode ter acabado o oxigênio do rio?".

a) Escreva a fórmula das substâncias mencionadas pelo técnico.

b) Qual é a confusão cometida pelo estudante em sua reflexão?

Q21. (UFMG) As figuras a seguir representam três sistemas. Em cada um deles, a fase sólida é gelo e a líquida, água (densidade = 0,998 g/mL), etanol 96 °GL (densidade = = 0,810 g/mL) ou uma mistura de água e etanol, não necessariamente nessa ordem.

Figura 3.28 Questão Q21.

Com relação a esses sistemas, é **correto** afirmar que:

a) a adição de água ao sistema II leva à situação ilustrada no sistema I.

b) a densidade do gelo é igual à da fase líquida no sistema III.

c) a fase líquida no sistema I é constituída somente de água.

d) a fusão parcial do gelo no sistema II leva à situação ilustrada no sistema III.

Q22. (Unimontes-MG) No processo de resfriamento de uma mistura de 40% de cádmio e 60% de bismuto, a cristalização desses metais inicia-se a 270 °C e termina a 140 °C, quando a solução atinge a composição eutética. A recristalização encontra-se **corretamente** representada através da curva:

Figura 3.29 Questão Q22.

Q23. (Unicamp-SP) Em um aterro sanitário, o lixo urbano é enterrado e isolado da atmosfera por uma camada de argila, conforme esquematizado na figura. Nessas condições, microrganismos decompõem o lixo proporcionando, entre outras coisas, o aparecimento de produtos gasosos. O gráfico ilustra a composição dos gases emanados em função do tempo.

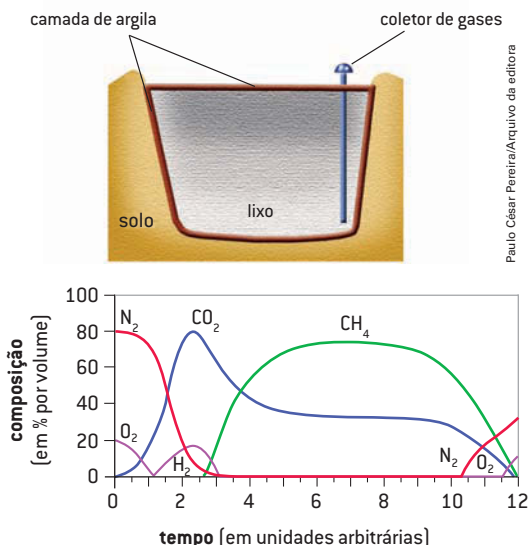



Figura 3.30 Questão Q23.

a) Em que instante do processo a composição do gás coletado corresponde à do ar atmosférico?

b) Em que intervalo de tempo prevalece a atividade microbiológica anaeróbica? Justifique.

c) Se você quisesse aproveitar o gás emanado como combustível, qual seria o melhor intervalo de tempo para isso? Justifique sua resposta e escreva a equação química da reação utilizada na obtenção de energia térmica.

Q24. (UEMG) Atualmente, as distribuidoras de combustíveis misturam à gasolina uma quantidade aproximada de 24% em volume de etanol, para melhorar a qualidade de sua combustão. Sobre esta mistura, é **correto** afirmar que:

a) apresenta maior potencial energético.

b) apresenta 24 L de álcool em um volume de 50 L.

c) pode ser separada pela adição de água.

d) constitui um sistema heterogêneo.

Q25. (Ufal) A seguir, encontra-se o fluxograma relativo à separação dos componentes de uma mistura constituída por óleo, água e sal totalmente dissolvido.

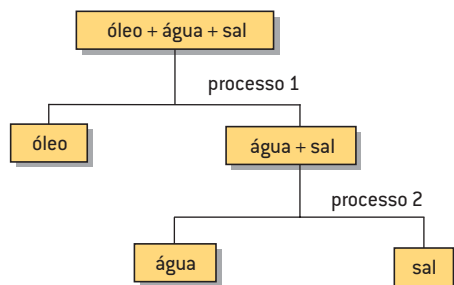



Figura 3.31 Questão Q25.

Examinando o fluxograma apresentado, é **correto** afirmar que os processos de separação 1 e 2 são, respectivamente:

a) filtração e decantação.

b) destilação e filtração.

c) filtração e centrifugação.

d) decantação e centrifugação.

e) decantação e destilação.

Q26. (UFF-RJ) Em 11 de novembro de 1999, trinta e três pessoas morreram em Salvador em razão da ingestão de cachaça de fabricação clandestina. Segundo os médicos os sintomas eram dor de cabeça, hipertensão e vertigem. O que levou a crer que a cachaça tenha sido contaminada com metanol. Um laboratório confirmou tal hipótese. Durante muito tempo, a única maneira de produzir metanol era destilando a madeira a seco e na ausência de ar, daí o nome "álcool da madeira" que alguns comerciantes inescrupulosos vendiam como sendo álcool etílico. Atualmente, é produzido em escala industrial a partir do carvão e água, sendo monitorado pelos órgãos do governo a fim de que não seja utilizado incorretamente.

Com base nas informações, indique a opção **correta**:

a) A destilação é um processo físico de separação.

b) O metanol, assim obtido, constitui uma mistura heterogênea.

c) A cachaça é uma substância pura.

d) Toda substância pura é constituída por apenas dois tipos de elementos químicos.

e) O percentual de carbono no metanol é maior do que no etanol.

Q27. (UFPI) Segundo determinação da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (ANP), o percentual de álcool etílico na gasolina deve ser de 20%. Um teste simples, realizado pela fiscalização da ANP para verificar a conformidade da gasolina, em relação ao teor de álcool, chamado "teste da proveta", consiste na colocação, em uma proveta de 100 mL, de 50 mL da amostra de gasolina coletada no posto, seguida da adição de 50 mL de uma solução aquosa de cloreto de sódio. Após ser tampada com rolha, a proveta é invertida 10 vezes e, em seguida, deixada em repouso por 15 minutos para separação das fases. Nesse teste observa-se a formação de:

a) três fases, ficando o álcool na fase superior.

b) três fases, ficando o álcool na fase inferior.

c) três fases, ficando o álcool na fase intermediária.

d) duas fases, sendo a fase superior de maior volume.

e) duas fases, sendo a fase superior de menor volume.

Q28. (Unirio-RJ) Campos de Goytacazes, na região norte do estado do Rio de Janeiro, pode ser considerada a capital nacional do petróleo: a Bacia de Campos produz em média 900 mil barris/dia de petróleo cru. A operação que permite isolar tanto a gasolina quanto o querosene do petróleo cru é a:

a) decantação.

b) destilação.

c) filtração.

d) catação.

e) extração com água.

Q29. (UFPE) Uma mistura é constituída de areia, óleo, açúcar e sal de cozinha. A melhor sequência experimental para separar essa mistura em seus constituintes puros é:

a) destilação do óleo, filtração da areia, dissolução do sal e do açúcar em água.
b) dissolução do açúcar e do sal em água, filtração da areia, decantação do óleo, recristalização fracionada da fase aquosa.
c) filtração, dissolução do açúcar e do sal em água, decantação do óleo e destilação da fase aquosa.
d) destilação do óleo, dissolução do açúcar e do sal em água e separação da areia por filtração.
e) filtração do óleo e simples catação dos componentes da fase sólida.

Q30. (Unicamp-SP) Os gases nitrogênio e argônio, principais componentes do ar, são obtidos industrialmente por meio da destilação fracionada do ar liquefeito. Indique a sequência de obtenção dessas substâncias nesse processo de destilação fracionada. Justifique sua resposta.

Dados: temperaturas de ebulição (em °C) a 1 atm:

argônio	−189
nitrogênio	−196
oxigênio	−183

Quadro 3.1 Questão Q30.

Q31. (Fuvest-SP) Em uma determinada marca de leite foi encontrado o seguinte quadro:

Informação nutricional		Porção de 200 mL (1 copo)
Quantidade por porção		% VD
valor calórico	120 kcal	5%
carboidratos	10 g	3%
proteínas	6 g	12%
gorduras totais	7 g	9%
gorduras saturadas	4 g	16%
colesterol	20 mg	7%
fibra alimentar	0,0 g	-----
cálcio	222 mg	28%
ferro	0,2 mg	1%
sódio	125 mg	5%

Quadro 3.2 Questão Q31.

a) Tomando como referência os dados do quadro, explique por que o leite não pode ser representado por uma fórmula química.
b) O leite pode ser considerado uma mistura homogênea? Justifique a resposta.

Q32. (Enem) De acordo com a legislação brasileira, são tipos de água engarrafada que podem ser vendidos no comércio para o consumo humano:

- Água mineral: água que, proveniente de fontes naturais ou captada artificialmente, possui composição química ou propriedades físicas ou físico-químicas específicas, com características que lhe conferem ação medicamentosa.
- Água potável de mesa: água que, proveniente de fontes naturais ou captada artificialmente, possui características que a tornam adequada ao consumo humano.
- Água purificada adicionada de sais: água produzida artificialmente por meio da adição à água potável de sais de uso permitido, podendo ser gaseificada.

Com base nessas informações, indique a alternativa **correta**:

a) Os três tipos de água descritos na legislação são potáveis.
b) Toda água engarrafada vendida no comércio é água mineral.
c) Água purificada adicionada de sais é um produto natural encontrado em algumas fontes específicas.
d) A água potável de mesa é adequada para o consumo humano porque apresenta extensa flora bacteriana.
e) A legislação brasileira reconhece que todos os tipos de água têm ação medicamentosa.

Q33. (Enem) Em nosso planeta a quantidade de água está estimada em $1{,}36 \times 10^6$ trilhões de toneladas. Desse total, calcula-se que cerca de 95% são de água salgada e dos 5% restantes, quase a metade está retida nos polos e geleiras. O uso de água do mar para obtenção de água potável ainda não é realidade em larga escala. Isso porque, entre outras razões:

a) o custo dos processos tecnológicos de dessalinização é muito alto.
b) não se sabe como separar adequadamente os sais nela dissolvidos.
c) comprometeria muito a vida aquática dos oceanos.
d) a água do mar possui materiais irremovíveis.
e) a água salgada do mar tem temperatura de ebulição alta.

Q34. (Ufal) A matéria existe, principalmente, em três estados físicos: sólido, líquido e gasoso. A maior parte da matéria é constituída por mistura de substâncias. Cada substância possui um conjunto único de propriedades físicas e químicas que pode ser utilizado para identificá-la. O gráfico a seguir apresenta a curva de temperatura *versus* tempo para três amostras materiais, I, II e III, partindo do estado sólido no tempo t = 0. De acordo com o gráfico, é **correto** afirmar que:

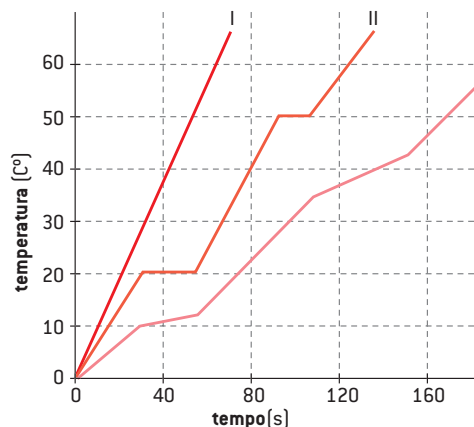



Figura 3.32 Questão Q34.

a) a amostra II apresenta temperatura de ebulição de 20 °C.

b) a amostra II aquece mais rápido que a amostra I.

c) à temperatura de 50 °C, a amostra I encontra-se no estado líquido.

d) as três amostras são exemplos de substâncias puras.

e) a amostra III não constitui uma substância pura por não manter as temperaturas de fusão e ebulição constantes.

Q35. (UFJF-MG) O ouro 18 quilates é comumente utilizado para produção de joias. Sua composição é 75% ouro e os restantes 25% cobre e prata, portanto, esse material se caracteriza como uma:

a) substância composta.

b) mistura heterogênea.

c) substância simples.

d) substância pura.

e) mistura homogênea.

Q36. (Unesp-SP) Uma amostra de água do Rio Tietê, que apresentava partículas em suspensão, foi submetida a processos de purificação obtendo-se, ao final do tratamento, uma solução límpida e cristalina.

Em relação às amostras de água antes e após o tratamento, podemos afirmar que correspondem, respectivamente, a:

a) substâncias composta e simples.

b) substâncias simples e composta.

c) misturas homogênea e heterogênea.

d) misturas heterogênea e homogênea.

e) mistura heterogênea e substância simples.

Q37. (Ufla-MG) Considere os sistemas da figura a seguir:

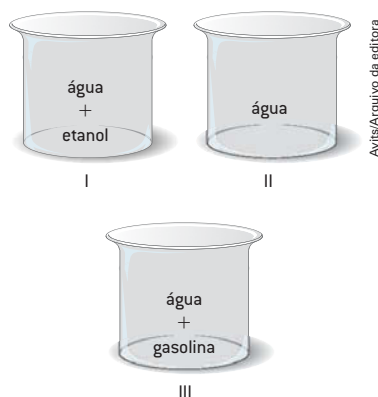



Figura 3.33 Questão Q37.

Os sistemas I, II e III correspondem, respectivamente, a:

a) mistura heterogênea, substância composta, mistura heterogênea.

b) mistura homogênea, substância simples, mistura heterogênea.

c) mistura homogênea, substância simples, mistura homogênea.

d) mistura homogênea, substância composta, mistura heterogênea.

Q38. (Enem) Seguem abaixo alguns trechos de uma matéria de revista, que descreve hábitos de um morador de Barcelona (Espanha), relacionando-os com o consumo de energia e efeitos sobre o ambiente.

I. "Apenas no banho matinal, por exemplo, um cidadão utiliza cerca de 50 L de água, que depois terá que ser tratada. Além disso, a água é aquecida consumindo 1,5 quilowatt-hora (kWh) (cerca de 1,3 milhão de calorias), e para gerar essa energia foi preciso perturbar o ambiente de alguma maneira..."

II. "Na hora de ir para o trabalho, o percurso médio dos moradores de Barcelona mostra que o carro libera 90 g do venenoso monóxido de carbono e 25 g de óxidos de nitrogênio... Ao mesmo tempo, o carro consome combustível equivalente a 8,9 kWh."

III. "Na hora de recolher o lixo doméstico [...] quase 1 kg por dia. Em cada kg há aproximadamente 240 g de papel, papelão e embalagens; 80 g de plástico; 55 g de metal; 40 g de material biodegradável e 80 g de vidro."

No trecho I, a matéria faz referência ao tratamento necessário à água resultante de um banho. As afirmações a seguir dizem respeito a tratamentos e destinos dessa água. Entre elas, a mais plausível é a de que a água:

a) passa por peneiração, cloração, floculação, filtração e pós-cloração, e é canalizada para os rios.

b) passa por cloração e destilação, sendo devolvida aos consumidores em condições adequadas para ser ingerida.

c) é fervida e clorada em reservatórios, onde fica armazenada por algum tempo antes de retornar aos consumidores.

d) passa por decantação, filtração, cloração e, em alguns casos, por fluoretação, retornando aos consumidores.

e) não pode ser tratada devido à presença do sabão, por isso é canalizada e despejada em rios.

Q39. (Unitau-SP) Tem-se uma mistura de magnésio e bismuto pulverizados. A densidade do magnésio é 1,74 g/mL e a do bismuto é 9,67 g/mL. Para se separar esses dois metais, precisamos escolher um líquido adequado. Dos líquidos a seguir, você escolheria:

a) o líquido que não reage com nenhum dos metais e tem densidade 1,24 g/mL.

b) o líquido que reage com um dos metais e tem densidade 1,24 g/mL.

c) o líquido que não reage com nenhum dos metais e tem densidade 2,89 g/mL.

d) o líquido que reage com um dos metais e tem densidade 2,89 g/mL.

e) o líquido que reage com ambos os metais e tem densidade 2,89 g/mL.

Q40. (UPM-SP) É característica de substância pura:

a) ser solúvel em água.

b) ter constantes físicas definidas.

c) ter ponto de fusão e ponto de ebulição variáveis.

d) sofrer combustão.

e) ser sólida à temperatura ambiente.

CAPÍTULO

4 Aprendendo sobre o lixo urbano

Uma das atividades que envolve a separação de misturas é o reaproveitamento do lixo doméstico.

Produzir lixo é inevitável. Todas as atividades humanas envolvem, em maior ou menor grau, a produção de lixo. A humanidade vive ciclos de desenvolvimento, e a partir do final da Segunda Guerra Mundial, inauguramos um novo ciclo em que o consumo é muito valorizado e tudo termina sendo classificado como lixo. No entanto, atualmente, chegamos ao máximo do desperdício e da irresponsabilidade na exploração dos recursos do planeta. Por isso, temos que pensar em formas de produção mais limpa, em diminuir o grau de consumo, bem como em criar formas de transformar o lixo em matéria-prima para produção.

Uma das opções mais adequadas para o atual problema do lixo é a coleta seletiva, porém não podemos considerá-la como solução. Ela é, na verdade, uma estratégia para lidar com o lixo que já foi produzido. Mais importante ainda é pensarmos em estratégias que reduzam a produção de resíduos, não só os domésticos, mas os provenientes de todas as atividades humanas.

Este capítulo trata de novas opções na produção e consumo de bens materiais e no tratamento do lixo.

Fotos: Wawrito/Shutterstock/Glow Images

A coleta seletiva é uma das opções mais adequadas para o atual problema do lixo. Depois de separado, o lixo é coletado por classes de material (como papéis, plásticos, cacos de vidro, alumínios, etc.), permitindo a obtenção de materiais recicláveis mais limpos e de um composto orgânico sem tantos resíduos.

Figura 4.1 No Brasil, muitas cidades já têm vários pontos com recipientes específicos para papel, plástico, vidro e metal. Apesar disso, o número de postos de coleta seletiva ainda é insuficiente. É necessário intensificar a implantação desses postos pelas cidades e conscientizar a população.

texto 1

O que é o lixo urbano?

Os problemas com o lixo se agravam a cada dia. Muitas vezes, comportamo-nos de forma individualista, sem nos preocupar com a sociedade em que vivemos. Por exemplo, diversas pessoas jogam papel no chão. O raciocínio por trás desse ato geralmente é: "O que é que tem? É só um papelzinho.".

É dessa forma que acabamos transformando a cidade em uma grande lixeira. E parte do dinheiro que pagamos em impostos acaba sendo gasto para limpar a sujeira que nós mesmos fazemos.

Nossa relação com o lixo revela os valores que possuímos, como a relação com o consumo e o desperdício, e a impressão de que os recursos naturais são inesgotáveis. Revela ainda a relação com as autoridades, quando delegamos a outros a responsabilidade pelo destino do lixo que nós mesmos produzimos. Tendo consciência, então, de que tudo o que consumimos vai gerar alguma quantidade de lixo, a preocupação deve ter início na hora de comprarmos as coisas.

É importante, para podermos agir de forma responsável em relação ao lixo, compreender melhor como funciona sua cadeia de produção e destino. Apesar de estarmos chamando a atenção para a inadequação de posturas individualistas, é importante lembrarmos que a maioria das ações que podemos exercer sobre essa questão são individuais. Assim, é você quem irá decidir o que vai comprar, em que quantidade, como coletar o lixo e encaminhá-lo ao seu destino final. No entanto, suas decisões têm um limite, que é estabelecido por quem detém o poder de produção e comercialização dos bens de consumo. Essas pessoas tomam decisões que afetam o seu consumo, a não ser que você se recuse sistematicamente a consumir produtos fora dos padrões que você idealiza, o que na prática é muito difícil. Não bastam, portanto, apenas ações individuais conscientes para que a questão do lixo seja solucionada. É necessário também pressionar o poder público, os produtores e os comerciantes para assumir a sua parte. O poder público deve promover políticas que favoreçam o funcionamento consciente de toda a cadeia de produção e destino do lixo. E os produtores e comerciantes devem considerar a geração de lixo e as formas de diminuí-la.

Ana Araújo/Arquivo da editora

Figura 4.2
Ao praticar este tipo de ação, a pessoa não está levando em conta a coletividade.

L. C. Leite/Arquivo da editora

Figura 4.3
É pela soma das ações individuais que a cidade se torna um lugar sujo.

Agência O Globo/Arquivo da editora

Figura 4.4
Praia poluída por garrafas plásticas, Rio de Janeiro (RJ).

Fazemos parte de um sistema construído para que o caminho da produção de bens, desde a matéria-prima, passando pelas etapas de produção industrial até o consumo final e descarte, seja linear, ou seja, o bem que adquirimos é usado, vira lixo, é enterrado e sai de nossas vistas, encerrando o ciclo. Para que esse **sistema linear** perdure, é necessário consumir mais matérias-primas, o que significa degradar o planeta.

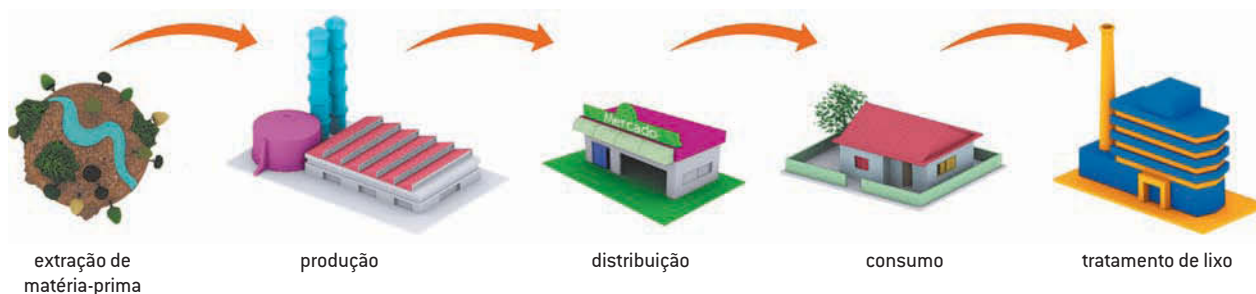



Figura 4.5
Sistema linear de produção de bens e lixo.

O ideal é a adoção de um **sistema circular**, em que o lixo seja reaproveitado e seus materiais façam parte do ciclo novamente. Nesse sentido, a **tecnologia de reciclagem** é peça fundamental na economia de recursos naturais, pois visa aprimorar a taxa de reciclagem de materiais, a qualidade dos materiais reciclados e a viabilidade econômica e ambiental dos processos industriais envolvidos.

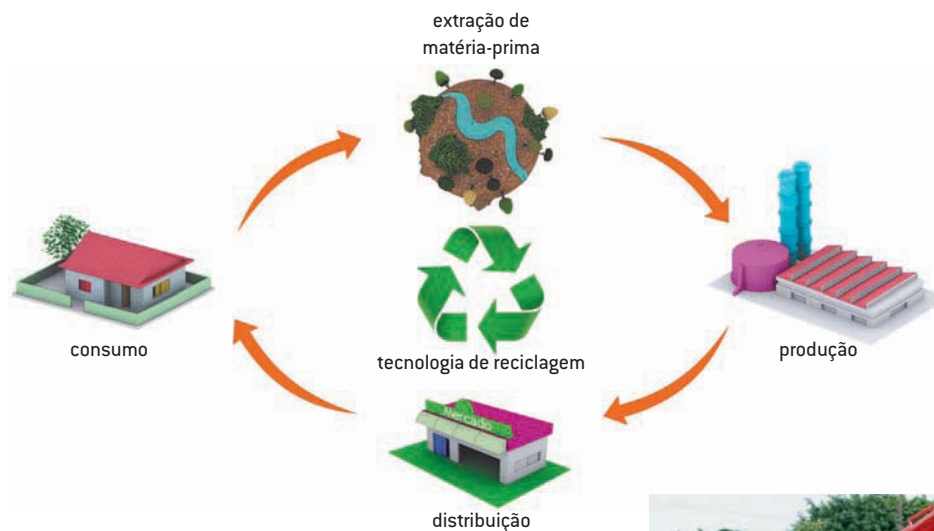



Figura 4.6
Sistema circular de produção de bens e lixo.

Figura 4.7
A mudança dos hábitos individuais pode deixar mais agradável a paisagem urbana em que vivemos.

A seguir, apresentamos uma série de atividades que visam sensibilizá-los para esse problema atual e preocupante. As questões que trataremos são complexas, envolvendo não só o conhecimento químico mas, principalmente, valores e comportamentos.

Acreditamos que um bom caminho para começarmos a mudar a situação atual é rever nossos hábitos e necessidades, assumindo a responsabilidade que nos é devida para a preservação do planeta.

atividade 1

Planejando um acampamento selvagem

A maioria da população brasileira (cerca de 75%) vive hoje em cidades. Mas nem todas as áreas urbanas dispõem de serviços de coleta de lixo ou de rede de esgotos. Os moradores dessas regiões, normalmente situadas na periferia, lutam para ter acesso a esses benefícios. A existência de serviços básicos faz com que a população desenvolva um modo de vida que, normalmente, desconsidera o destino do lixo. A sensação que a maioria das pessoas tem é de que todo o lixo produzido pode simplesmente ser descartado. Afinal ele normalmente é levado pelo coletor de lixo para um lugar tão distante de nossas casas que não o vemos, dando-nos a sensação de que o problema foi resolvido. Da mesma forma, basta apertar a válvula da descarga para os dejetos irem por um esgoto. Geralmente não nos preocupamos em saber para onde vai esse esgoto, se ele irá poluir algum rio ou lagoa.

Nesta atividade, vamos planejar um acampamento. O objetivo é sensibilizar o grupo para o destino de nosso lixo e de nossos dejetos. Imagine que você vai acampar com sua classe num parque nacional, área preservada que dispõe de lugares diferentes, nos quais vocês podem observar a fauna e a flora e pelos quais podem caminhar. Você deverá discutir com seu grupo como vocês devem se comportar para deixar o parque exatamente como o encontraram, sem lixo ou dejetos.

As quatro tarefas a seguir pretendem orientá-los no planejamento desse acampamento. Leiam-nas com atenção antes de executá-las.

Figura 4.8
A coleta de lixo feita nos centros urbanos faz com que não nos preocupemos com o seu destino.

Marcos Bakker/Arquivo da editora

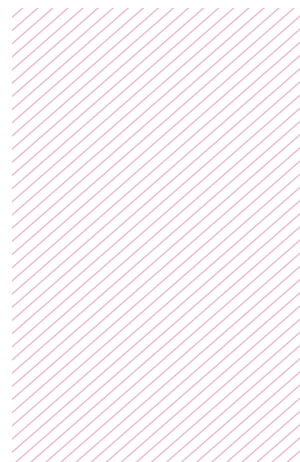
Márcio Isensee/Opção Brasil Imagens

Figura 4.9
O que fazer para usufruir e preservar o ambiente?
(Na foto, ecoturismo na Chapada Diamantina, Bahia, 2007.)

A1 Façam uma lista de materiais necessários para passar três dias no acampamento, incluindo a bagagem individual e a coletiva.

A2 Elaborem uma lista das atividades que deverão ser desenvolvidas no acampamento. Não se esqueçam de pensar sobre como cozinhar e tomar banho e, claro, sobre o que fazer com o lixo e os dejetos.

A3 Façam um plano detalhado descrevendo a rotina dos três dias de acampamento.

A4 Criem um quadro com três colunas. Na primeira, escrevam os materiais que seu grupo planejou levar para o acampamento; na segunda, indiquem os que podem permanecer no local e os que devem ser recolhidos e, na terceira, justifiquem cada escolha considerando as propriedades dos materiais.

texto 2

Mostre-me teu lixo e eu te direi quem és

O conhecimento das características básicas do lixo produzido por uma cidade, como sua composição quantitativa e qualitativa, é muito importante para determinar como coletá-lo, transportá-lo, acondicioná-lo e tratá-lo. Conhecer nosso próprio lixo pode nos ajudar a refletir sobre o que consumimos e o que descartamos.

Você já pensou na possibilidade de conhecer um pouco seu comportamento e o de outras pessoas por meio de uma análise do lixo que produzem?

Lixo do Rio se "sofistica" com Plano Real

O Plano Real, lançado em 1994, mudou a quantidade e a composição do lixo recolhido na cidade do Rio de Janeiro entre 1993 e 1996 – sobretudo em regiões pobres e favelas. A conclusão, baseada em exames dos detritos do município, é de uma empresa estatal carioca encarregada da limpeza pública.

As mudanças, de acordo com a empresa, refletem alterações nos padrões de consumo da população que, em consequência do crescimento da renda causado pela estabilidade econômica, estaria consumindo mais e, principalmente a partir do ano passado, melhores produtos.

Segundo a empresa, em dezembro de 1996 foram recolhidas, em média, 7 700 toneladas/dia de lixo na cidade, 26% a mais que no mesmo mês de 1993, quando foram retiradas 6 100 toneladas diárias das ruas do Rio de Janeiro.

O salto foi maior no ano passado, quando a média de detritos recolhidos na cidade subiu 16,7% em relação a 1995. Estudos feitos pelo centro de pesquisas da empresa detectaram que, no período, aumentou em 20% a participação da matéria orgânica formada, em 70% de sua composição, por restos de alimentos no lixo dos cariocas.

Em 1993, 40,6% dos detritos recolhidos eram orgânicos; em 1995, já na fase pós-Real, 45,43%; no ano passado, 48,81%, mostram os números. Segundo o diretor da empresa, o aumento da matéria orgânica, em 1995, ocorreu em todas as áreas e se baseou em produtos de primeira necessidade: feijão, arroz, macarrão, etc.

Mas os dados recolhidos em 1996 já indicaram, segundo a empresa, uma dose de sofisticação no padrão de consumo dos cariocas, incluindo favelas e os bairros populares. No complexo da Maré, grupo de favelas na zona norte da cidade, por exemplo, a quantidade de matéria orgânica – que subira de 56,32% em 1993 para 64,31% em 1995 – caiu para 54,52% no ano passado. Isso, porém, não indicaria um recuo nas compras, mas uma alteração – para melhor – na sua qualidade, segundo a empresa.

"Os favelados, antes, compravam muitos produtos 'xepados', ou seja, restos de feira, ou de qualidade inferior, que se deterioravam mais", afirmou o diretor.

No mesmo período, aumentou a presença de vidros e plásticos no lixo da Maré. A proporção de vidro, entre 1993 e 1996, subiu de 2,69% para 4,55%, e a de plástico, de 10,82% para 14,17%.

"Estamos achando nos lixos das favelas uma grande quantidade de coisas que não encontrávamos antes, como frascos de remédios." Segundo o diretor, também se destacaram, no crescimento dos detritos dos favelados, as garrafas de bebidas, especialmente as esportivas [...].

COSTA, Wilson. Lixo do Rio se "sofistica" com Plano Real. *Folha de S.Paulo*, 17 mar. 1997. Disponível em: <www1.folha.uol.com.br/fsp/dinheiro/fi170328.htm>. Acesso em: 31 jul. 2012.

Tendência de mudança na qualidade se mantém

Os primeiros estudos do lixo recolhido no Rio em 1997 indicam que a tendência de mudança na qualidade, com maior presença de vidro, papel e alimentos melhores, se manteve, segundo a empresa estatal.

No exame dos detritos recolhidos nos bairros da Penha (zona norte) e Campo Grande (zona oeste), aumentou, do ano passado para os primeiros dias do ano, a proporção de cascas de frutas, legumes e verduras. No geral, o aumento da matéria orgânica foi de 61% para 63% (Penha) e de 56% para 58% (Campo Grande).

Na Tijuca, Méier e Maré (zona norte), o perfil é diferente. Ali, aumentou a quantidade de embalagens de comida pronta ou semipronta. A subida na proporção de frascos de vidro no Méier, Penha, Tijuca e Maré foi reforçada com embalagens de maionese, requeijão e perfumes, ao lado das de remédios e bebidas esportivas.

O plástico aumentou nos mesmos bairros, com o crescimento na proporção de embalagens de iogurtes, margarinas, óleos comestíveis, macarrão, feijão, arroz, pães, biscoitos e materiais de limpeza.

Na Penha, Tijuca, Campo Grande e Maré, cresceu, nos primeiros dias de 1997, a presença de caixas de leite longa-vida, achocolatados, cereais, molhos de tomate, geleias e caixas de produtos de limpeza.

TENDÊNCIA de mudança na qualidade se mantém. *Folha de S.Paulo*, 17 mar. 1997. Disponível em: <www1.folha.uol.com.br/fsp/dinheiro/fi170329.htm>. Acesso em: 31 jul. 2012.

Para pensar

O texto "Lixo do Rio se 'sofistica' com Plano Real" ilustra como a composição do lixo pode ser usada como indicador de mudanças nos hábitos de consumo das pessoas. Você já pensou sobre a composição quantitativa e qualitativa do lixo de sua casa? Haveria uma maneira de determinar essa composição? Discuta essas questões com seu grupo e formule algumas respostas antes de prosseguir nesta atividade.

As atividades a seguir propõem alguns procedimentos que podem resultar em respostas a essas questões. Se você comparar suas respostas com essas atividades, provavelmente encontrará semelhanças.

atividade 2

Determinando a composição do lixo doméstico

Nesta atividade, vamos discutir critérios para separar materiais encontrados no lixo doméstico e estudar sua composição e as possibilidades de reaproveitamento. As partes A e B devem ser feitas individualmente.

Carol do Vale/Arquivo da editora

Figura 4.10
Lixo selecionado.

PARTE A ⇢ Elaborando critérios para separar materiais encontrados no lixo

Recipientes para coleta seletiva de lixo, com suas cores características, têm se incorporado, cada vez mais, à paisagem dos grandes centros urbanos. Nesses recipientes coletam-se, separadamente, materiais descartados no lixo.

Observando esses recipientes de coleta seletiva, vocês encontrarão algumas pistas para desenvolver esta atividade.

A5 Observe o lixo doméstico de sua residência e relacione os objetos encontrados, tendo o cuidado de descrever de que materiais são feitos. É importante usar luvas de látex para manipular o lixo.

Fabio Cabral/Arquivo da editora

Figura 4.11
O lixo coletado em diferentes residências pode ter composição variada.

A6 Reproduza o quadro 4.1 no caderno. Preencha, inicialmente, a primeira e a segunda colunas com os dados obtidos por meio da observação da amostra de lixo doméstico.

Objeto	Material	Uso	Propriedades e aspectos associados ao uso
garrafa de refrigerante	plástico	recipiente para líquido	impermeabilidade, resistência a choque, passível de moldagem, baixo custo

Quadro 4.1 Relação entre propriedade e uso dos materiais e objetos encontrados no lixo.

A7 Discuta com seu grupo os resultados que você obteve. Com os dados dos outros quadros, elaborados por seus colegas, complete o seu.

A8 A análise dos dados obtidos permite verificar que vários objetos encontrados no lixo são do mesmo tipo de material; ou seja, pode haver vários frascos diferentes, mas todos de vidro. Com base nos dados, complete as outras colunas do quadro 4.1 descrevendo os materiais encontrados no lixo, seu uso e que propriedades estão associadas à sua utilização.

PARTE B ⇢ Coletando o lixo doméstico seletivamente para determinar sua composição qualitativa e quantitativa aproximada

A coleta seletiva e a pesagem dos diferentes materiais que compõem o lixo são estratégias que permitem determinar a composição do lixo doméstico de cada residência.

Coletar seletivamente o lixo envolve separar os materiais que podem e os que não podem ser reaproveitados. Esse tipo de coleta aumenta a eficiência dos processos de reciclagem, diminuindo o volume final de lixo destinado aos **aterros sanitários** e lixões. O aterro sanitário é o local onde o lixo é compactado no solo na forma de camadas, periodicamente cobertas com terra ou outro material inerte.

Marcelo Carnaval/Arquivo da editora

Figura 4.12
Aterros sanitários e lixões são destinos comuns para o lixo no Brasil.

A9 O quadro 4.1 apresenta um conjunto de informações que servem como critérios para distinguir tipos de material. De acordo com esses critérios, colete seletivamente o **lixo não orgânico** – reciclável – de sua residência durante uma semana. Esse lixo não vai conter restos de comida, cascas de vegetais, papéis higiênicos, fraldas, guardanapos ou papéis engordurados.

Como o objetivo da atividade é determinar a composição qualitativa e quantitativa do lixo, você deverá usar sacos de lixo de 20 litros (L) ou recipientes de volume conhecido (por exemplo, latões de 50 L) para coletar os tipos de material. Lembre-se de usar luvas na hora de manipular o lixo. Seria ótimo se as pessoas de sua residência colaborassem, uma vez que todo o lixo produzido nessa semana deverá ser coletado seletivamente. Alerte-os para o fato de que devem depositar os diferentes materiais no saco ou recipiente que você selecionou. **Lembre-se: não é necessário coletar o lixo orgânico!**

A10 Ao final dessa semana, pese e estime o volume de cada tipo de material diferente coletado. Construa um quadro no caderno com as seguintes colunas:

Tipo de material	**Massa** (kg)	**Volume** (L)	**Densidade** (kg/L)

Quadro 4.2
Título das colunas. Em cada linha do quadro, deverão ser indicados o tipo do material coletado, sua massa, seu volume e sua densidade.

Procure um estabelecimento comercial que tenha uma balança e pese nela os materiais coletados. Caso tenha usado recipientes como latões, primeiro pese-os vazios e depois cheios. Em seguida, subtraia a massa dos recipientes vazios da massa dos cheios. Discuta com seu professor uma forma de estimar o volume de sacos de lixo e/ou recipientes parcialmente cheios.

A11 Com os dados de massa e volume indicados no quadro 4.2, determine a densidade de cada fração de lixo coletada seletivamente e preencha a última coluna.

Questões

Q1. Qual dos tipos de lixo coletado apresenta menor densidade? Justifique considerando a constituição dos materiais.

Q2. Calcule a massa (m_{total}) e o volume total (V_{total}) do lixo coletado. Construa um quadro no seu caderno com as seguintes colunas:

Tipo de material	Porcentagem em massa ($m_{material} \cdot 100\%$)/m_{total}	Porcentagem em volume ($V_{material} \cdot 100\%$)/V_{total}

Quadro 4.3 Porcentagem em massa e em volume de cada tipo de material coletado durante uma semana.

Calcule a porcentagem, em massa e em volume, de cada fração do lixo coletado em relação à massa e ao volume total de lixo coletado na semana e preencha o quadro 4.3 em seu caderno.

Q3. Calcule a massa diária de lixo produzida por morador ($m_{diária/morador}$) de sua residência, dividindo a massa total coletada (m_{total}) pelo número de residentes ($N_{residentes}$) de sua casa e pelo número de dias (N_{dias}) em que a coleta foi realizada.

Observação: $\left(m_{diária/morador} = \dfrac{m_{total}}{N_{residentes} \cdot N_{dias}} \right)$

Q4. Calcule o volume diário de lixo produzido por morador ($V_{diário/morador}$) de sua residência, dividindo o volume total coletado (V_{total}) pelo número de residentes ($N_{residentes}$) de sua casa e pelo número de dias (N_{dias}) em que a coleta foi realizada.

Observação: $\left(V_{diária/morador} = \dfrac{V_{total}}{N_{residentes} \cdot N_{dias}} \right)$

Q5. Trace um perfil de consumo para a sua família. Indique o produto mais consumido em sua casa. Quais as razões para o uso desse produto? O que você acha que poderia ser feito para diminuir a produção de lixo associado ao consumo desse tipo de produto?

PARTE C → Discutindo com a classe os dados obtidos e possíveis diferenças na composição dos lixos

A12 Esta parte da atividade deve ser feita em grupos. Reúnam os dados obtidos (quadro 4.3) de cada componente do grupo e construam um quadro coletivo. Aproveitem o momento e discutam as semelhanças e diferenças entre os padrões de consumo da família de cada um. Todos consomem os mesmos tipos de produto? Na mesma quantidade? O que causa algumas diferenças?

A13 Calculem a média aritmética simples da massa e do volume usando o quadro construído pelo grupo. Com os resultados, organizem outro quadro que contenha os dados de porcentagem em massa e em volume de todos os grupos da sala.

A14 Observem o quadro novo e discutam os diferentes padrões de consumo.

A15 Façam uma estimativa da massa e do volume total de lixo doméstico não orgânico produzidos diariamente em sua cidade. Para isso, pesquisem dados sobre o número de habitantes e calculem a média da massa e volume de lixo por habitante, com base nos dados de massa e volume obtidos por toda a classe.

A16 Considerem o quadro a seguir. Ele mostra a quantidade de resíduos sólidos urbanos, normalmente lixo, coletados em alguns municípios do Brasil.

UF	Município	População urbana 2007 (habitantes)	Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)	RSU coletados por habitante (kg/hab./dia)
CE	Horizonte	52 600	35	0,67
CE	Fortaleza	2 476 600	3 650	1,47
DF	Brasília	2 521 700	4 631	1,59
MS	Campo Grande	785 600	828	1,05
MS	Dourados	183 300	178	0,97
PA	Augusto Corrêa	18 500	10	0,54
PA	Belém	1 390 800	1 789	1,29
PR	Curitiba	1 764 500	2 175	1,23
PR	Maringá	354 200	320	0,90
RJ	Areal	10 000	10	0,99
RJ	Rio de Janeiro	6 355 900	8 263	1,30
SP	São Paulo	11 196 300	14 261	1,27
SP	Sumaré	241 900	160	0,66

ASSOCIAÇÃO Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2011. Disponível em: <www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm>. Acesso em: 31 jul. 2012.

Quadro 4.4
Amostragem de alguns municípios do Brasil com dados de coleta de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU).

O que vocês podem dizer da coleta de lixo por habitante nas cidades grandes e pequenas? Como vocês poderiam explicar esse fato?

atividade 3

Mudança nos padrões de consumo e de produção de lixo

PARTE A ⇢ O lixo também tem história

A palavra "lixo" tem provavelmente origem latina (*lix* = "cinza") e está associada a uma época na qual a maior parte dos resíduos de cozinha era aproveitada: restos de comida serviam para alimentar animais domésticos, e cinzas de fogões, para fazer sabão. Hoje o lixo de nossas casas é formado por muitos outros materiais.

O objetivo desta atividade é conhecer os padrões de consumo e produção de lixo de sua comunidade em épocas passadas e verificar como esses padrões mudaram com o tempo. Para isso, vocês entrevistarão pessoas mais velhas (seus avós, por exemplo).

Para que a entrevista seja bem-sucedida, é importante fazer um planejamento. Isso não significa que todas as perguntas devam ser preestabelecidas, mas que você e seu grupo devem estar atentos a algumas informações que podem surgir durante a conversa. Se for possível, e se o entrevistado permitir, utilizem um pequeno gravador para registrar a conversa ou mesmo uma filmadora. Outra opção é anotar as principais informações no caderno. Seria interessante que vocês entrevistassem mais de uma pessoa para obter e comparar mais dados.

A17 Comecem a entrevista explicando a atividade que vocês estão desenvolvendo. Em seguida, peçam ao entrevistado que conte, por exemplo, que diferenças ele percebe nos materiais das embalagens dos produtos atuais em relação às dos antigos. Perguntem também o que se fazia com restos de comida e como o lixo era coletado antigamente.

A18 Com as informações obtidas das entrevistas, organizem painéis (com pequenos textos, imagens e quadros) para ilustrar a mudança dos hábitos e suas consequências em relação à quantidade e à qualidade de lixo produzido atualmente. Outra opção é produzir um pequeno documentário em vídeo.

Kevin Taylor/Alamy/Other Images

Figura 4.13
Lixo antigo encontrado no ambiente.

PARTE B ⇢ Praticando o consumo consciente

Vocês devem ter notado, ao fazer as entrevistas na parte A desta atividade, que os hábitos de consumo mudaram muito nas últimas décadas. Quantos produtos eram vendidos sem embalagem e passaram a ser vendidos embalados? A criação do supermercado exigiu que as embalagens desempenhassem a tarefa de vender o produto e, como tal, deveriam conter todas as informações relevantes, algo que anteriormente não era fornecido ou era fornecido pelo balconista. Dessa forma, as embalagens representam uma quantidade razoável de lixo produzido, podendo chegar a 30% do seu volume total.

A prática do consumo consciente implica, portanto, mudar padrões. Isso pode ser feito por meio das seguintes atitudes:

- diminuir o consumo de bens supérfluos;
- reduzir o desperdício;
- utilizar menos embalagens.

Como o consumo de embalagens é inevitável, apesar de poder ser reduzido, é necessário que se faça uma coleta seletiva para minimizar o impacto desse lixo no ambiente.

CONTEÚDO DIGITAL

A19 Considerando as três atitudes indicadas como importantes na prática do consumo consciente, discutam com seus familiares uma forma de diminuir o consumo de embalagens quando alguém da família for ao supermercado. Relatem as medidas que vocês adotaram.

atividade 4

Ciclo de vida das embalagens

A ideia de ciclo de vida de produtos tem inspiração no desenvolvimento de uma concepção ecológica dos produtos, principalmente por uma área de conhecimento denominada ***ecodesign***.

O *ecodesign* busca assegurar que a fabricação de um produto envolva o uso racional de energia, de água e de matérias-primas. Nesse âmbito tem se tornado comum a realização de análises do ciclo de vida dos produtos – do "berço" ao "túmulo" – por parte das indústrias. Tais análises têm por objetivo avaliar os impactos ambientais relacionados a um produto ou serviço desde a sua concepção mercadológica, planejamento, extração e uso de matérias-primas, gasto de energia, transformação industrial, transporte e consumo até seu destino final.

Nesta atividade cada grupo vai pesquisar informações relacionadas ao ciclo de vida de embalagens para entender como são produzidas – ou seja, de onde vêm – e para onde vão quando descartadas. Para a pesquisa, usem livros, revistas e páginas da internet. Não se esqueçam de indicar as fontes utilizadas no trabalho.

João Magara/Arquivo da editora

Figura 4.14
O ciclo de vida dos produtos – de onde vêm e para onde vão.

A20 Façam uma visita a um supermercado procurando observar embalagens dos mais variados tipos. Selecionem aquelas que acharem mais interessantes e, principalmente, aquelas que despertem sua curiosidade com relação à constituição. Recolham amostras de embalagens que vocês utilizaram em sua casa para socializar com seu grupo em sala de aula. Ao final, seu grupo deverá escolher uma das embalagens para ser o tema de seu trabalho nas próximas etapas.

A21 Cada grupo irá responder às seguintes questões relacionadas com a embalagem selecionada:

a) Qual o material (ou materiais) de que a embalagem é constituída?

b) Qual a origem de cada material que constitui a embalagem?

c) Quais os processos de transformação envolvidos desde a matéria-prima (ou matérias-primas) até a obtenção da embalagem em sua forma final?

d) Quais as propriedades dos materiais que constituem a embalagem e que relações essas propriedades têm com seu uso?

e) A maioria dos processos que vocês listaram envolve a utilização de calor e/ou eletricidade. Procurem obter informações a respeito de que tipo de energia é usado na fabricação da embalagem, como ela é obtida e que tipo de impacto ela provoca no ambiente.

f) Para a realização dos processos descritos até aqui, pode haver a necessidade de transporte. Procurem obter informações sobre que tipo de transporte é utilizado e os impactos que esse transporte causa no ambiente.

Figura 4.15
Diagrama de trocas em um processo.

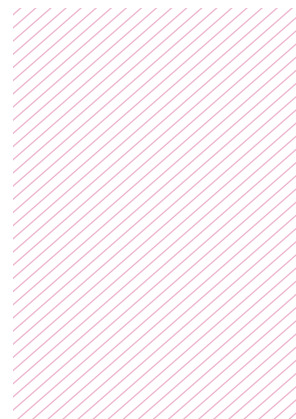
A22 Todo processo de fabricação de embalagem envolve entradas (de materiais e de energia) e saídas (produtos e emissões para o ar, a água e/ou para o solo), as quais chamaremos de **trocas**. Isso engloba tudo o que é trocado com o ambiente. Construam um diagrama, como o da figura 4.15, que represente as trocas ocorridas na produção da embalagem que vocês escolheram.

A23 Construam um esquema para o ciclo de vida da embalagem escolhida. O diagrama a seguir é um exemplo de representação do ciclo de vida de uma caneta.

Figura 4.16
Exemplo de diagrama de ciclo de vida de uma caneta. PA e PE são diferentes tipos de plásticos utilizados na fabricação da caneta.

A24 Elaborem comentários sobre aspectos sociais, econômicos e ambientais relacionados ao ciclo de vida da embalagem que vocês escolheram. Procurem obter dados sobre os tipos de trabalho envolvidos e os impactos ambientais para a comunidade que vive no entorno da fábrica que a produziu.

A25 Elaborem reflexões sobre o consumo consciente da embalagem que vocês escolheram. O que vocês poderiam fazer para diminuir o consumo desse tipo de embalagem?

A26 O que seu grupo aprendeu com este trabalho? A que conclusões vocês chegaram?

texto 3

Produção Mais Limpa (P+L)

O processo de produção de materiais envolve várias fases em que são gerados resíduos. Você acabou de determinar o ciclo de vida de uma embalagem e viu como um simples invólucro de produto envolve um processo complexo, com impacto ambiental em praticamente todas as suas fases.

A ideia de uma produção mais limpa surgiu a partir da constatação de que apenas o controle de emissões – para o ar, para a água e/ou para o solo – era insuficiente para garantir a qualidade ambiental. Para atividades que geravam grandes quantidades de substâncias poluidoras, mesmo com a implantação de sistemas para tratar os efluentes – resíduos líquidos ou gasosos produzidos por indústrias ou resultantes dos esgotos domésticos urbanos –, não se conseguia alcançar os padrões ambientais desejados.

Historicamente, a preocupação com os poluentes gerados nos processos de produção surgiu na década de 1950, época em que a conduta adotada era diluir e dispersar os poluentes. Na década de 1970, começaram a ser utilizadas as chamadas "técnicas de fim de tubo", que são sistemas de controle ambiental que lidam com os poluentes após terem sido produzidos. Já nos anos 1990, teve início a preocupação em diminuir ou eliminar a geração de poluentes em todas as fases do processo de produção. É nesse contexto que surgiram as propostas de Produção Mais Limpa (P+L), caracterizada por uma metodologia que permite analisar o processo produtivo desde a entrada de insumos, passando por todas as fases do processo, o que inclui o treinamento dos funcionários. O conceito tem sido amplamente aplicado e foi desenvolvido pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma), em cooperação com uma rede de agências e governos.

Na perspectiva da P+L, a poluição é considerada desperdício ou ineficiência do processo. Tal procedimento surgiu, portanto, como

oportunidade de conciliar a proteção ambiental com o desenvolvimento econômico, gerando atividades sustentáveis.

Os objetivos da P+L envolvem a racionalização do uso de matérias-primas e insumos; a eliminação ou redução da geração de resíduos e produtos perigosos; a diminuição do impacto ambiental no processo produtivo e também dos riscos à saúde dos trabalhadores; o aumento da ecoeficiência das empresas, resultando em maior competitividade e maiores ganhos econômicos. Ao implantar essa metodologia, a empresa estará melhorando sua produtividade, a qualidade do seu produto e a imagem que tem perante o público.

Para usar a metodologia da P+L, uma empresa deve considerar os seguintes procedimentos:

- aplicação dos princípios da prevenção e da precaução;
- análise do ciclo de vida do produto, do "berço" ao "túmulo";
- *ecodesign* de produtos;
- responsabilidade continuada do produtor;
- direito público de acesso à informação sobre processos produtivos e produtos;
- cooperação e controle democrático;
- responsabilidade e transparência;
- avaliação externa independente.

4

Questão

Q6. Uma empresa fabricante de papel resolveu adotar uma série de medidas, apresentadas a seguir:

a) Implantar um aperfeiçoamento contínuo dos processos, produtos e serviços, sempre visando atender às expectativas de clientes, colaboradores, comunidade e fornecedores.

b) Garantir, de forma sustentada, o suprimento de madeira plantada para as suas unidades industriais, evitando a agressão aos ecossistemas naturais associados.

c) Reduzir os impactos ambientais relacionados a efluentes hídricos, resíduos sólidos e emissões atmosféricas para prevenir a poluição.

d) Realizar e promover a reciclagem de fibras celulósicas na cadeia produtiva.

e) Agir com responsabilidade social nas comunidades onde a empresa atua.

f) Atender à legislação e às normas referentes ao produto, ao meio ambiente, à saúde e à segurança.

g) Assegurar o crescimento pessoal e profissional dos seus colaboradores, buscando a melhoria contínua das condições de trabalho, segurança e saúde.

Comente como cada uma das ações adotadas pela empresa se relaciona com a metodologia da P+L.

atividade 5

Outros tipos de lixo existentes no ambiente urbano

Para planejar o serviço de limpeza pública, é necessário conhecer as características do lixo, que variam dependendo das principais atividades da cidade (comercial, turística, industrial, etc.), do clima, da cultura e dos hábitos da população. Dentro de uma cidade, a composição do lixo pode variar de bairro para bairro, de ano para ano e até de residência para residência. Entretanto, é possível classificar o lixo de acordo com sua origem.

Nesta atividade, propomos que você e seus colegas de grupo pesquisem informações sobre a produção e o destino de outros tipos de lixo de sua cidade, como o hospitalar, o comercial e o industrial.

Frederico Ferrite/Arquivo da editora

Figura 4.17
Corredor de um hospital.

Jussi Letho/Arquivo da editora

Figura 4.18
Legumes em um supermercado.

Fernando Lemos/Arquivo da editora

Figura 4.19
Operários trabalhando em indústria.

A27 Planejem uma visita a um hospital, a um estabelecimento comercial ou a uma indústria. Seu professor vai determinar que tipo de instituição cada grupo deverá visitar. Solicitem aos responsáveis do local visitado permissão para entrevistar funcionários e fotografar ambientes. Se vocês tiverem os meios necessários, poderão produzir um vídeo da visita.

Algumas informações que devem ser pesquisadas:

a) Que tipo de lixo a instituição visitada produz?

b) Como e onde esse lixo é descartado?

c) Qual o destino do lixo produzido?

d) Existe algum problema de contaminação relacionado ao tipo de lixo produzido?

atividade 6

Destinos finais do lixo

O destino dos resíduos descartados pelas populações é um grave problema social e ambiental. Há diferentes formas de dar um destino definitivo ao lixo coletado. Muitas vezes, ele é depositado em terrenos naturais, os famosos lixões, sem qualquer cuidado ou técnica especial, representando sérios riscos sanitários e ambientais para as pessoas. Mesmo quando localizados distantes da área habitada, os lixões contaminam as águas, o solo e o ar. Além disso, constituem ambiente propício para ratos, moscas, baratas e outros animais transmissores de doenças.

Figura 4.20
Os lixões podem contaminar o lençol freático.

(a) área de recarga
(b) lençol freático
(c) rocha impermeável
(d) chorume dos lixões contamina o lençol freático
(e) falha
(f) fontes artesianas

Outra forma de dar destino ao lixo coletado são os chamados aterros sanitários. Nesses locais, o lixo é compactado no solo em camadas periodicamente cobertas com terra ou outro material inerte. Um sistema de drenagem de efluentes líquidos deve constituir a base do aterro sanitário.

Egberto Nogueira/Arquivo da editora

Figura 4.21
Os aterros sanitários são uma forma de se acondicionar o lixo.

Normalmente, o lixo doméstico tem certa quantidade de água, proveniente da umidade e da matéria orgânica em decomposição. Quando a água circula pelos lixões e aterros sanitários, várias substâncias poluentes são dissolvidas nela. Essa água extremamente poluída é o **chorume** e sua composição depende de fatores como: tipo de resíduos depositados sobre o solo, forma como o aterro foi construído, sua posição em relação ao lençol freático, solo da região, quantidade de oxigênio presente, umidade, etc. Só para ter uma ideia, o chorume é cem vezes mais poluente do que o esgoto. Ao passar pelo solo, pode arrastar nitratos, fosfatos, metais pesados e microrganismos e contaminar os lençóis freáticos. Para que isso não aconteça, é preciso impermeabilizar o solo com uma camada de polietileno de alta densidade (Pead), sobre uma camada de solo compactado, evitando-se assim que o líquido vaze para o solo. O chorume deve ser tratado e/ou recirculado, para evitar a poluição do ambiente.

Outra medida que deve ser aplicada nos aterros sanitários é a instalação de um sistema de drenagem de gases que possibilite a coleta do **biogás**, que é uma opção de fonte de energia renovável. O biogás é um material formado pela decomposição de resíduos, sendo constituído em maior proporção por metano (CH_4) e também por gás carbôni-

co (CO_2) e água em estado de vapor (H_2O), entre outros. Um aterro sanitário deve ser coberto para evitar a infiltração de águas de chuva em seu interior. Deve ainda possuir um sistema de monitoramento ambiental (topográfico e hidrogeológico) e pátio de estocagem de materiais.

A relação entre a quantidade de lixo produzida e a necessidade de dar um destino definitivo para ele constitui a questão principal de todo o problema. Esse é um tema tratado mundialmente. À medida que as populações vão crescendo e se expandindo, depositar o lixo em aterros sanitários vai se tornando uma solução pouco recomendada porque as áreas disponíveis estão diminuindo. As grandes cidades têm enfrentado muitas dificuldades para dar destino definitivo às toneladas de lixo que produzem por dia.

Usina de biogás gera hidrogênio e metano a partir do lixo doméstico

O tratamento de lixo é uma tarefa essencial para a manutenção da saúde da população e do meio ambiente. Melhor ainda seria se esse lixo pudesse ser transformado em energia, o que baratearia o custo do seu tratamento, além de diminuir a exigência de exploração de outros recursos energéticos.

Pois esta é justamente a proposta dos engenheiros do Instituto Nacional de Ciências Avançadas e Tecnologia (Aist), do Japão. Inaugurada em 2004, a primeira usina de biogás do mundo é capaz de gerar hidrogênio e metano a partir de lixo doméstico.

Instituto Nacional de Ciências Avançadas e Tecnologia (Aist), do Japão

Figura 4.22
Usina de biogás geradora de hidrogênio e metano.

A pequena usina, em escala piloto, utiliza um processo de fermentação em duas etapas para transformar lixo orgânico doméstico em gases que poderão ser utilizados de diversas formas, seja para a geração direta de calor, produção de energia elétrica ou, no futuro, até mesmo para abastecer veículos movidos a células de combustível a hidrogênio.

Os dois estágios do processamento – solubilização e fermentação do hidrogênio e fermentação do metano – conseguiram reduzir o tempo total de processamento de 25 para apenas 15 dias, com uma recuperação de energia de até 55%.

A solubilização e fermentação do hidrogênio utilizam uma complexa microflora isolada pelos pesquisadores como um estágio preliminar à fermentação do metano, derivando hidrogênio e metano de lixo orgânico sólido que contenha um alto teor de água.

USINA de biogás gera hidrogênio e metano a partir do lixo doméstico. Disponível em: <www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010115040913>. Acesso em: 31 jul. 2012. (Texto adaptado.)

A28 Planejem uma visita a um dos locais onde o lixo de sua cidade é depositado. Solicitem aos responsáveis do lugar visitado permissão para entrevistar funcionários e fotografar ambientes. Se vocês tiverem os meios necessários, poderão produzir um vídeo da visita.

Algumas informações que devem ser pesquisadas:

a) Qual a origem desse lixo, ou seja, de quais cidades ele vem? É apenas lixo doméstico ou inclui outros tipos?
b) Quais os processos pelos quais passa o lixo desde sua chegada ao local?
c) Qual o destino do gás produzido?
d) Este local possui proteção adequada (impermeabilização do solo) para evitar a contaminação dos lençóis freáticos pelo chorume?
e) Quantas pessoas trabalham no local e quais funções exercem?
f) Este local é público ou privado? Procure se informar sobre o custo mensal envolvido na manutenção e gerenciamento do local.

atividade 7

Como manter uma cidade limpa

Uma das atribuições mais importantes e dispendiosas da administração de uma cidade é a coleta do lixo produzido pela comunidade. Para essa atividade, é preciso contar com uma infraestrutura que envolve a compra e a manutenção de veículos especiais e de lixeiras públicas, a contratação de trabalhadores para a coleta domiciliar e a varrição de ruas, o planejamento do destino definitivo do lixo, a idealização de campanhas para conscientizar a população a não sujar os locais públicos, etc. Manter a cidade limpa custa caro para a prefeitura, ou seja, para todos nós!

Alexandre Tokitaka/Pulsar Imagens

Figura 4.23
Caminhão de coleta seletiva de lixo em São Paulo, 2011.

Nesta atividade, você e um grupo de colegas devem pesquisar informações para responder a algumas questões. Para isso, sugerimos que visitem órgãos públicos responsáveis pela coleta de lixo e entrevistem coletores de lixo e garis. Na sala de aula, discutam com os colegas as informações obtidas. A seguir, propomos um roteiro de questões que podem orientar seu trabalho:

a) Há coleta regular de lixo doméstico?
b) Como é feita a coleta?
c) Todos os bairros dispõem desse serviço?
d) Quantos trabalhadores estão envolvidos nessa atividade, quais são suas tarefas, condições de trabalho, normas de segurança e salário?
e) Quais são os equipamentos e veículos usados na coleta e no armazenamento?
f) Há varrição de rua?
g) Quantos trabalhadores estão envolvidos nessa atividade, quais são suas tarefas, condições de trabalho, normas de segurança e salário?

h) Quais são os equipamentos e veículos usados na coleta e no armazenamento?
i) Há lixeiras públicas?
j) Há investimentos em campanhas educativas sobre o lixo para a população?
k) Há alguma legislação específica sobre lixo?
l) Quanto cada residência recolhe de imposto de limpeza urbana? Procure essa informação, por exemplo, na guia de recolhimento do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) de sua residência. Algumas cidades fornecem esse tipo de informação.

atividade 8

O lixo como fonte de renda

O lixo não é apenas um dos grandes problemas da sociedade atual. Para muitos, ele é uma forma de obtenção de renda e sustento. É o caso dos catadores e das pessoas que trabalham em indústrias de reciclagem.

No entanto, o Brasil ainda é um país de contrastes nesse quesito. Enquanto a porcentagem de latas de alumínio recicladas é a maior do mundo (96,5%), a reciclagem de papel e garrafas de vidro ainda deixa a desejar (50% e 46%, respectivamente). Você já pensou por que isso ocorre?

Figura 4.24
Esquema de funcionamento básico de uma unidade de separação e prensagem de latas. a) As latas são colocadas na esteira de entrada. b) Depois, passam por uma peneira rotativa, que faz a separação de pedras e outros contaminantes menores. c) Em seguida, passam por uma peneira vibratória, na qual são feitas a separação de outros contaminantes e a inspeção visual do material. d) A esteira de alimentação tem uma dupla função, alimentar a prensa e separar as latas de alumínio das de aço. e) O material é prensado e está pronto para ser vendido.

 Esta atividade é realizável nas cidades em que o lixo gera renda e emprego. Se este não for o seu caso, tente assim mesmo responder às questões seguintes escolhendo uma grande cidade e pesquisando na internet.

a) Os catadores de recicláveis da sua cidade têm alguma forma de organização? Como funciona essa organização?
b) Quais as condições de trabalho dos catadores? Para responder a essa questão, procurem se informar sobre a rotina dos catadores, quantas horas trabalham, quantos quilômetros percorrem, se possuem um carrinho especial para a coleta, etc.
c) Que quantidade de material reciclado a organização dos catadores consegue reciclar por dia? Ou, no caso de não existir essa organização, qual a quantidade diária que um catador recolhe? Para onde leva o lixo que é recolhido?
d) Qual o destino final (comercial ou industrial) dos recicláveis em sua cidade?

A31 Esta atividade é realizável nas cidades em que os materiais recicláveis são processados industrialmente. Se este não for o seu caso, tente assim mesmo responder às questões seguintes escolhendo uma grande cidade e pesquisando na internet.

a) Que tipos de indústrias de reciclagem de materiais provenientes do lixo existem na sua cidade?

b) Selecionem uma dessas indústrias e agendem uma visita. Se houver mais de um tipo de indústria, seu professor vai determinar que tipo de instituição cada grupo deverá visitar. Solicitem aos responsáveis do local visitado permissão para entrevistar funcionários e fotografar ambientes. Se vocês tiverem os meios necessários, poderão produzir um vídeo da visita.

c) Respondam às seguintes questões relacionadas à visita realizada no item *b*.

- Qual a origem do material reciclado pela indústria?
- Quais os processos pelos quais o material passa desde sua chegada ao local?
- Qual o destino do produto final?
- Quantas pessoas trabalham no lugar e que funções exercem?
- Esse local é público ou privado? Procure se informar sobre o custo mensal envolvido na manutenção e gerenciamento deste local.

4

na internet

<www.rebea.org.br>

Na página da Rede Brasileira de Educação Ambiental (Rebea) você vai encontrar documentos, *links* para outros *sites* e a possibilidade de acessar a *Revista Brasileira de Educação Ambiental*. Acesso em: 31 jul. 2012.

<www.cempre.org.br>

A página do Compromisso Empresarial para Reciclagem (Cempre) é voltada para a reciclagem e conscientização das pessoas sobre o destino do lixo. Nela você encontrará fichas técnicas sobre materiais recicláveis, publicações especializadas em lixo e notícias relacionadas ao trabalho de reciclagem e gerenciamento de resíduos sólidos. Acesso em: 31 jul. 2012.

<www.youtube.com/watch?v=XZ0fNysGn_Y>

Nesta página você pode assistir a um vídeo que mostra como o lixo é coletado de forma responsável e eficiente em Barcelona, na Espanha. Acesso em: 30 out. 2012.

<www.youtube.com/watch?v=udpDCiLrg4k>

Neste endereço você pode assistir ao documentário “Lixo Extraordinário”, que registra o trabalho do artista brasileiro Vik Muniz ao criar fotografias a partir de pessoas e materiais do lixão localizado no Jardim Gramacho, no Rio de Janeiro. O trabalho mostra o relacionamento do artista com os catadores do lixo, que separam o lixo que se pode reciclar de todo o restante. Alguns desses catadores são os protagonistas dos trabalhos criados. Acesso em: 30 out. 2012.

<http://tvig.ig.com.br/noticias/brasil/aumento+do+consumo+provoca+producao+maior+de+lixo-8a4980262fc651e4012fd7718bdb04da.html>

Nesta página você pode assistir a um vídeo que mostra a problemática da produção excessiva de lixo em São Paulo. Acesso em: 30 out. 2012.

<www.institutogea.org.br/oproblemadolixo.html>

Na página do Instituto Gea você vai encontrar reportagens sobre o lixo e da problemática da produção exagerada de lixo. Acesso em: 30 out. 2012.

Questões de exames

Todas as questões devem ser respondidas em seu caderno. Não escreva no livro.

Q7. (Enem) Considere os seguintes acontecimentos ocorridos no Brasil:

- Goiás, 1987: Um equipamento contendo césio radioativo, utilizado em medicina nuclear, foi encontrado em um depósito de sucatas e aberto por pessoa que desconhecia o seu conteúdo. Resultado: mortes e consequências ambientais sentidas até hoje.
- Distrito Federal, 1999: Cilindros contendo cloro, gás bactericida utilizado em tratamento de água, encontrados em um depósito de sucatas, foram abertos por pessoa que desconhecia o seu conteúdo. Resultado: mortes, intoxicações e consequências ambientais sentidas por várias horas.

Para evitar que novos acontecimentos dessa natureza venham a ocorrer, foram feitas as seguintes propostas para a atuação do Estado:

I. Proibir o uso de materiais radioativos e gases tóxicos.
II. Controlar rigorosamente a compra, uso e destino de materiais radioativos e de recipientes contendo gases tóxicos.
III. Instruir usuários sobre a utilização e descarte destes materiais.
IV. Realizar campanhas de esclarecimentos à população sobre os riscos da radiação e da toxicidade de determinadas substâncias.

Dessas propostas, são **adequadas** apenas:

a) I e II.
b) I e III.
c) II e III.
d) I, III e IV.
e) II, III e IV.

Q8. (Enem) Os plásticos, por sua versatilidade e menor custo relativo, têm seu uso cada vez mais crescente. Da produção anual brasileira de cerca de 2,5 milhões de toneladas, 40% destinam-se à indústria de embalagens. Entretanto, este crescente aumento de produção e consumo resulta em lixo que só se reintegra ao ciclo natural ao longo de décadas ou mesmo de séculos.

Para minimizar esse problema, uma ação possível e adequada é:

a) proibir a produção de plásticos e substituí-los por materiais renováveis como os metais.
b) incinerar o lixo de modo que o gás carbônico e outros produtos resultantes da combustão voltem aos ciclos naturais.
c) queimar o lixo para que os aditivos contidos na composição dos plásticos, tóxicos e não degradáveis sejam diluídos no ar.
d) estimular a produção de plásticos recicláveis para reduzir a demanda de matéria-prima não renovável e o acúmulo de lixo.
e) reciclar o material para aumentar a qualidade do produto e facilitar a sua comercialização em larga escala.

Q9. (UFBA) Analise as informações a seguir:

O rio São Francisco tornou-se o ponto central de uma grande polêmica em relação ao projeto de transposição de suas águas, como forma de solucionar o problema da falta de água no sertão nordestino.

Os estudos sobre o impacto ambiental são insuficientes para garantir o sucesso da iniciativa. De acordo com os movimentos sociais, 70% das águas desviadas servirão para atender aos megaempreendimentos e aos investimentos industriais, e somente 4% serão destinados à população.

Desde as nascentes, a bacia do São Francisco vem sendo degradada com sérios impactos ambientais sobre as águas e, consequentemente, sobre os peixes. A maioria dos povoados lança os esgotos domésticos e industriais diretamente no rio. Os garimpos, as mineradoras e as indústrias despejam altas cargas de "metais pesados", como o mercúrio, em níveis acima do permitido. Na cabeceira principal do rio, o maior problema é o desmatamento ilegal para a produção de carvão vegetal, que destrói a floresta nativa e as matas ciliares. Tudo isso causa impacto direto à sobrevivência da população ribeirinha e aponta para a revitalização do rio em lugar da transposição. (GOMES, 2007, p. 11).

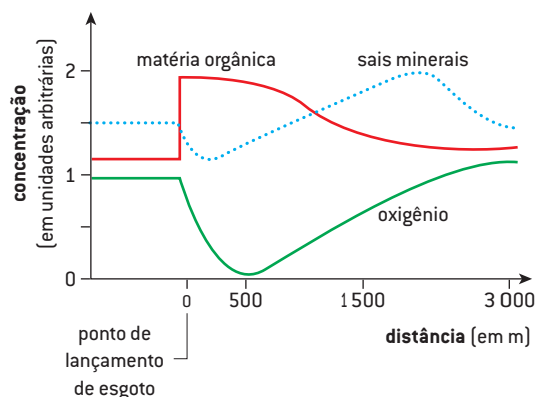



Figura 4.25 Questão Q9.

Metal	PF (°C) a 1 atm	PE (°C) a 1 atm
mercúrio	−39	357
ouro	1 064	2 807

Quadro 4.5 Questão Q9.

Com base na análise das informações apresentadas – texto, quadro e gráfico –, sabendo que o ouro se encontra dissolvido no mercúrio e desconsiderando os valores da pressão de vapor do ouro:

a) Apresente uma recomendação para reduzir os impactos sobre o ecossistema, causados por esgotos domésticos lançados diretamente no Rio São Francisco.

b) Indique uma ação sustentável que diminua a devastação das matas e um processo físico de separação do mercúrio do ouro que permita a reutilização do mercúrio.

Q10. (UFSCar-SP) Um dos problemas ambientais atuais é gerado pelo descarte inadequado de materiais plásticos, motivo pelo qual tem sido estimulada sua reciclagem. Essa reciclagem apresenta várias dificuldades, uma das quais é a natureza do material encaminhado para processamento, constituído por uma mistura de diferentes polímeros, que devem ser separados antes de processados. No quadro a seguir são apresentadas as densidades dos polímeros presentes em um lote de material a ser reciclado, bem como dos líquidos, totalmente miscíveis entre si, disponíveis para a separação dos polímeros por flotação.

Líquido	Polímero (abreviatura)	Densidade ($g \times cm^{-3}$)
-----	polipropileno (PP)	0,90
-----	polietileno de alta densidade (PEAD)	0,95
-----	poliestireno (PS)	1,05
-----	poli (tereftalato de etileno) (PET)	1,37
álcool	-----	0,80
água	-----	1,00
glicerina	-----	1,26

Quadro 4.6 Questão Q10.

O fluxograma a seguir representa as etapas do processo utilizado para a separação dos polímeros; após cada etapa, as frações são separadas e secas antes de serem submetidas às etapas seguintes.

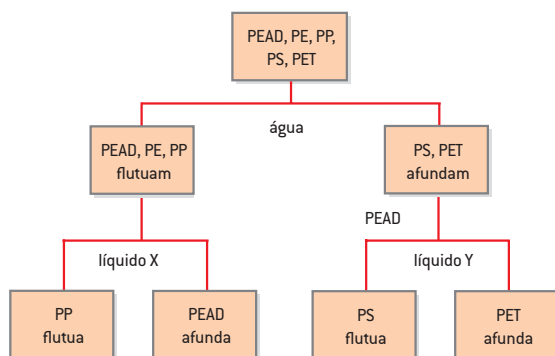



Figura 4.26 Questão Q10.

Com respeito aos líquidos utilizados nas etapas finais do processo, é possível dizer que:

a) *X* pode ser álcool puro.
b) *Y* pode ser glicerina pura.
c) *X* pode ser tanto álcool puro como glicerina pura.
d) *Y* pode ser tanto glicerina pura como álcool puro.
e) *X* e *Y* podem ser misturas de água e glicerina.

Q11. (UFPB) O lixo é um problema em todo o mundo, porém, com a implementação de políticas adequadas, tem-se tornado também uma solução em várias cidades. Nesse sentido, considere as seguintes afirmativas:

I. O objetivo da reciclagem é poupar recursos minerais e vegetais e gerar renda e empregos.
II. Os catadores de lixo, em algumas cidades dos países pobres, conseguem renda para sua sobrevivência, apesar de expostos a doenças infectocontagiosas.
III. A reciclagem consegue atingir 100% de reaproveitamento, se forem aplicados recursos suficientes e alta tecnologia.

Está(ão) **correta(s)**:

a) apenas I e II.
b) apenas II e III.
c) apenas I e III.
d) apenas I.
e) I, II e III.

Q12. (UPM-SP) Dentre os procedimentos citados a seguir, o único que **não** colabora com o esforço para a diminuição da poluição do meio ambiente é:

a) o uso, nas indústrias, de filtros que retenham material particulado.
b) o uso de catalisadores nos veículos automotivos.
c) o tratamento das águas residuais das indústrias e do esgoto doméstico.
d) o lançamento de todos os resíduos industriais nos aterros sanitários ou nos oceanos e rios.
e) a coleta seletiva do lixo doméstico.

Q13. (Fuvest-SP) Em alguns países, tanto o lixo orgânico quanto o inorgânico são colocados em recipientes diferentes. Devem ser colocados no recipiente rotulado "lixo inorgânico":

a) Cacos de vidro e latas de refrigerante.
b) Trapos de limpeza e cacos de louça.
c) Cascas de ovos e de frutas.
d) Embalagens de plásticos e de alumínio.
e) Papel e flores murchas.

Q14. (PUC-MG) Numa coleta seletiva de lixo, foram separados os seguintes objetos: uma revista, uma panela de ferro, uma jarra de vidro quebrada e uma garrafa de refrigerante PET.

Assinale o objeto que causa maior prejuízo ambiental por ser de difícil reciclagem:

a) revista.
b) panela de ferro.
c) jarra de vidro quebrada.
d) garrafa de refrigerante PET.

CAPÍTULO

5 Um modelo para os estados físicos dos materiais

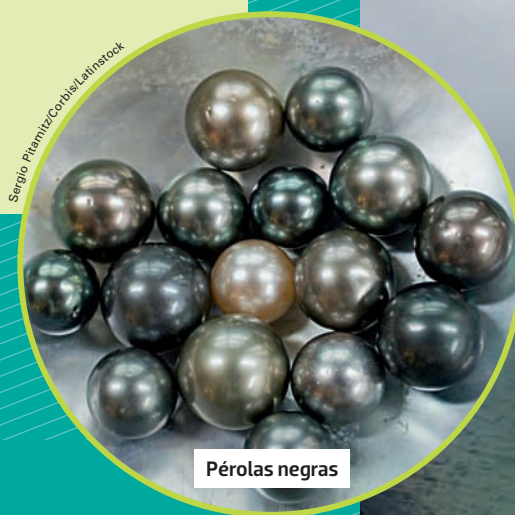
Já estudamos algumas propriedades dos materiais e vimos como eles se comportam nas mudanças de estado físico. Essas propriedades foram úteis tanto na identificação dos materiais quanto na escolha dos processos de separação de misturas.

Neste capítulo, vamos discutir critérios que nos permitem classificar os materiais como sólidos, líquidos ou gasosos. Vamos também propor um modelo para explicar a constituição dos materiais, para nos ajudar a entender as propriedades dos sólidos, líquidos, gases e materiais coloidais. Além disso, convidamos você a propor seus próprios modelos, na tentativa de explicar os fenômenos da natureza que foram observados.

Solte sua imaginação e não se preocupe se seus modelos não coincidirem com os científicos. O objetivo é apenas dar-lhe oportunidade de confrontar suas ideias sobre a constituição dos materiais com aquelas construídas pela ciência ao longo da História.

Andrew Syred/SPL/Latinstock

Cristais de NaCl

Sergio Pitamitz/Corbis/Latinstock

Pérolas negras

- **Por que alguns materiais são mais densos que outros?**
- **Por que a temperatura permanece constante nas mudanças de estado físico das substâncias?**
- **Por que a temperatura de ebulição dos líquidos é afetada pela pressão atmosférica?**
- **Por que as substâncias são solúveis em certos solventes e insolúveis em outros?**

Talvez ainda não tenhamos conseguido responder total e satisfatoriamente a essas e outras questões, do ponto de vista da Química. Para isso, será necessário recorrer a uma área do conhecimento químico, até agora não estudada, cujo objetivo é propor modelos para explicar os fenômenos e a constituição dos materiais. É o que veremos a seguir.

Christian Ammann/Galeries/Corbis/Latinstock

Figura 5.1 Materiais diferentes são constituídos de formas diferentes e podem se apresentar nos três estados físicos: sólido, líquido e gasoso. Na foto, lago vulcânico na Islândia.

atividade 1

Classificando os materiais em sólidos, líquidos ou gasosos

O que fazer

A1 Defina, com suas palavras, sólido, líquido e gás.

A2 Forme um grupo com seus colegas e discutam a elaboração de critérios gerais que permitam classificar qualquer material.

A3 Construam, no caderno, um quadro com duas colunas. Na primeira, indiquem os **Materiais ou objetos** (sólidos, líquidos, gasosos e outros) e, na segunda, os **Critérios para a classificação desses materiais** elaborados no item anterior.

A4 Classifiquem os materiais e objetos relacionados a seguir em sólidos, líquidos ou gasosos, justificando de acordo com os critérios adotados no quadro construído no item anterior. Caso vocês queiram sugerir outras classificações, poderão fazê-lo.

Materiais e objetos: água, açúcar, algodão, ar, banha, barra de chocolate, bloco de madeira, bolhas que desprendem de um refrigerante, esponja de aço para limpeza, farinha, gás de cozinha, gasolina, giz, iogurte, limalha de ferro, massa de modelar, mel, moeda, mola, neblina, nuvem, parafuso de ferro, plástico de encapar cadernos, serragem, tecido de algodão, vidro e xampu.

atividade 2

Construindo um modelo para os materiais gasosos

Antes de aprofundar a discussão sobre os estados físicos da matéria e decidir sobre o(s) critério(s) de classificação, vocês irão fazer algumas experiências simples e propor um modelo para explicar os resultados obtidos. Os modelos serão muito úteis na compreensão de como a matéria se constitui.

À medida que vocês forem estudando, cada vez mais entenderão o significado da palavra "modelo". Por enquanto, basta pensar que modelo é uma imagem da realidade que construímos para nos ajudar a entendê-la. Portanto, deve haver aspectos comuns entre ele e a realidade para que uma possível transformação na natureza seja representada por alguma modificação no modelo. Isso não significa que o modelo tenha de ser uma cópia da realidade. Ele deve apenas representá-la.

Um modelo é uma representação da realidade que construímos para nos ajudar a entendê-la.

PARTE A ⇢ Um modelo para os materiais gasosos

A seguir vocês irão fazer três experimentos simples. Vocês deverão executá-los e, em seguida, responder a algumas perguntas em uma folha do caderno, que será recolhida posteriormente por seu professor.

Material

Uma seringa descartável (grande) daquelas vendidas em farmácias (sem agulha), um balão de látex (do tipo balão de aniversário), um erlenmeyer de 250 mililitros (mL), uma lamparina, um kitasato, uma mangueira de látex para conectar a seringa ao kitasato, uma garra de madeira, uma rolha para fechar o kitasato.

Seringa com ar

A5 Coloquem o dedo indicador na ponta da seringa (como mostra a figura 5.2) para comprimir o ar que está dentro dela. Observem o sistema antes e depois da compressão. Anotem as mudanças observadas.

Sérgio Dotta Jr./Arquivo da editora

Figura 5.2
Vocês devem comprimir o ar dentro da seringa.

Vácuo em um frasco

Em seguida, utilizando um kitasato cheio de ar, bem fechado com o auxílio de uma rolha, conectem-no a uma grande seringa, que funcionará como uma bomba de vácuo, como mostra a figura ao lado.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 5.3
Kitasato cheio de ar.

A6 Puxem o êmbolo da seringa (lentamente, para não haver variação de temperatura), removendo assim parte do ar contido no frasco. Obstruam o tubo de látex que liga a seringa ao frasco para obter vácuo parcial dentro do frasco. Façam esse procedimento e soltem, de repente, a obstrução do tubo de látex. O que ocorre com o êmbolo da seringa? Anotem no caderno.

Ao manipular a lamparina ou qualquer sistema de aquecimento, esteja atento para evitar queimaduras.

Aquecimento de um erlenmeyer cheio de ar

A7 Conectem o balão de látex à boca do erlenmeyer. Em seguida, com o auxílio de uma garra de madeira, segurem o erlenmeyer e aqueçam-no com a lamparina. Observem o sistema antes do aquecimento e depois de algum tempo de aquecimento. O que ocorre com o balão? Façam suas anotações no caderno.

Questões

Q1. Se vocês determinarem a massa do ar nos sistemas iniciais – dentro da seringa, do kitasato com a seringa e do erlenmeyer com o balão – antes (m_1) e depois (m_2) da compressão, do vácuo e do aquecimento, em cada caso, m_1 será maior que m_2, menor ou igual? Justifiquem a resposta em cada caso.

Q2. Se vocês determinarem a densidade do ar nos sistemas iniciais – dentro da seringa, do kitasato com a seringa e do erlenmeyer com o balão – antes (d_1) e depois (d_2) da compressão, do vácuo e do aquecimento, em cada caso, d_1 será maior que d_2, menor ou igual? Justifiquem a resposta em cada caso.

Q3. Discuta com seus colegas de grupo e proponham um modelo (para cada caso) para o ar dentro da seringa, do kitasato com a seringa e do erlenmeyer com o balão, antes e depois da compressão, do vácuo e do aquecimento. Esse modelo deverá explicar o fato de o ar comprimir-se sob pressão, poder ser retirado do kitasato e dilatar-se sob aquecimento. Reproduzam os desenhos da seringa, do kitasato com a seringa e do erlenmeyer com o balão no caderno e desenhem o modelo. Justifiquem o modelo escolhido e listem suas características, explicando-as.

Figura 5.4
Modelo para montagem do experimento.

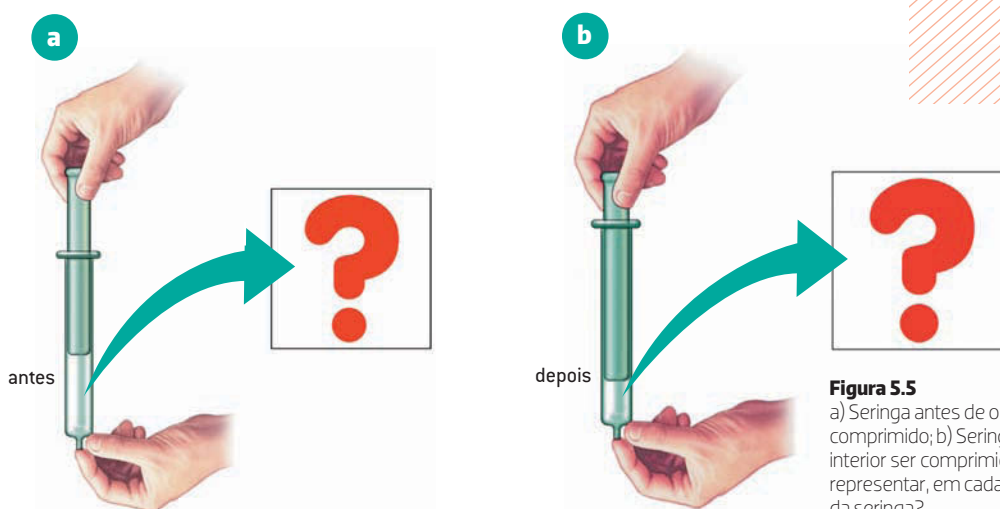



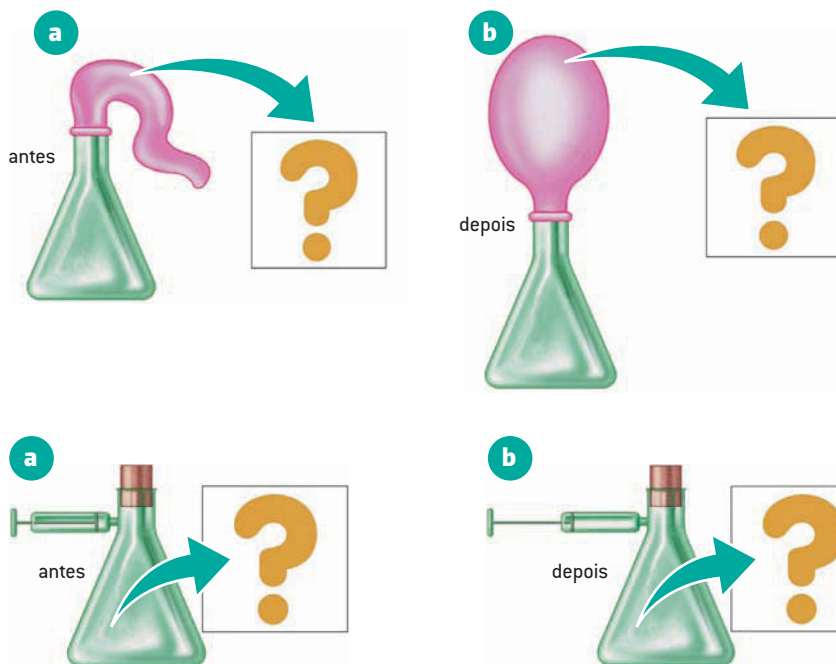
Figura 5.5
a) Seringa antes de o ar em seu interior ser comprimido; b) Seringa após o ar em seu interior ser comprimido. Como podemos representar, em cada situação, o ar no interior da seringa?

Ilustrações: Paulo César Pereira/Arquivo da editora

Figura 5.6
a) Balão antes do aquecimento do ar em seu interior;
b) Balão depois do aquecimento.
Como podemos representar, em cada situação, o ar no interior do erlenmeyer e do balão?

Figura 5.7
a) Kitasato antes da experiência;
b) Kitasato depois da experiência.
Como podemos representar, em cada situação, o ar no interior do frasco?

Q4. Após o debate com toda a classe, caso necessário, reformulem seus modelos e representem-nos no caderno desenhando a seringa, o kitasato com a seringa e o erlenmeyer com o balão antes e depois da compressão, do vácuo e do aquecimento. Façam os comentários que julgarem necessários.

PARTE B ⇢ Por que o cheiro se espalha?

Nesta atividade vamos imaginar que um botijão de gás de cozinha esteja vazando e o gás se espalhando pelo ambiente em que ele está instalado. Chamamos esse fenômeno de **difusão**. Mais uma vez, vamos pedir a vocês que proponham um modelo para o comportamento do gás antes e depois de ele vazar.

O que fazer

A8 Vocês já devem ter observado que, quando o gás escapa do botijão, seu cheiro se espalha por todo o ambiente. Como vocês explicam esse fato?

A9 Discuta com seus colegas de grupo e proponham um modelo para o gás logo que sai do botijão e depois de se espalhar pela cozinha. No caderno, reproduzam esquematicamente a figura 5.8 e desenhem o modelo. Justifiquem o modelo escolhido e listem suas características, explicando-as.

A10 Após o debate com a classe, caso necessário, reformulem seu modelo e desenhem-no novamente no caderno. Façam os comentários que acharem necessários.

A11 Tentem explicar, com o auxílio do modelo escolhido, o fato de que o gás se espalha mais rapidamente num dia quente do que num dia frio.

Figura 5.8
Atividade A9.

5

atividade 3

De que tamanho são as partículas?

Até aqui obtivemos evidências de que os materiais são constituídos por partículas e espaços vazios. Essas partículas se movimentam e a esse movimento está associada uma energia chamada **energia cinética**. Mas qual é a ordem de grandeza dessas partículas?

Para discutir essa questão, vamos propor uma atividade em que você responderá em seu caderno, individualmente, a algumas questões.

A12 Suponha que você pegou um grão de permanganato de potássio ($KMnO_4$) de massa igual a 0,005 g e o dissolveu em 50 mL de água em um béquer (solução 1). Numa etapa posterior, você transferiu 5 mL da solução 1 para outro béquer aumentando o volume final para 50 mL com a adição de água (solução 2). Em seguida, transferiu 5 mL da solução 2 para um terceiro béquer aumentando o volume novamente para 50 mL com água (solução 3).

a) Reproduza o quadro 5.1 em seu caderno. Com base na descrição deste procedimento, complete-o para as soluções 2 e 3.

Solução	Volume final (mL)	Massa de $KMnO_4$ (g)	Intensidade de cor
1	50	0,005	intensa

Quadro 5.1
Massas de permanganato de potássio em diferentes soluções.

b) Se você isolasse 1 mL da solução 3, qual seria a massa de permanganato de potássio retirada do sistema?

c) Sabendo que em 0,005 g de $KMnO_4$ há $1,9 \cdot 10^{19}$ partículas de permanganato, calcule o número de partículas existentes na massa de $KMnO_4$ que você retirou do sistema quando isolou 1 mL da solução 3.

d) A partir do número de partículas existentes em 1 mL da solução 3, o que você pode concluir sobre o tamanho dessas partículas?

texto 1

A construção de um modelo para os materiais a partir do comportamento de gases

Começamos a construir nosso modelo investigando o comportamento dos gases. A hipótese de que um gás seja constituído de partículas muito pequenas que se movimentam no espaço vazio é um modelo interessante para explicar algumas propriedades apresentadas pelos gases. Assim, é possível comprimir o ar numa seringa porque as partí-

culas, no estado gasoso, estão bastante afastadas. Ao comprimir o êmbolo da seringa, as partículas do gás (no caso estudado, o ar) ficam mais próximas entre si, diminuindo o espaço vazio entre elas.

Da mesma forma, ao aquecermos um tubo de ensaio com um balão, as partículas de ar distanciam-se umas das outras por causa do aumento da temperatura, que provoca o aumento da energia cinética e consequente aumento do movimento das partículas.

Com esse mesmo modelo, buscamos explicar por que um gás se espalha rapidamente pelo ambiente. Suas partículas estão suficientemente separadas e possuem energia cinética, relacionada ao movimento. Desse modo, a tendência do gás é difundir-se pelo ambiente. O movimento ao acaso das partículas do ar também colabora para essa difusão.

Ilustrações: Paulo César Pereira/Arquivo da editora

antes

depois

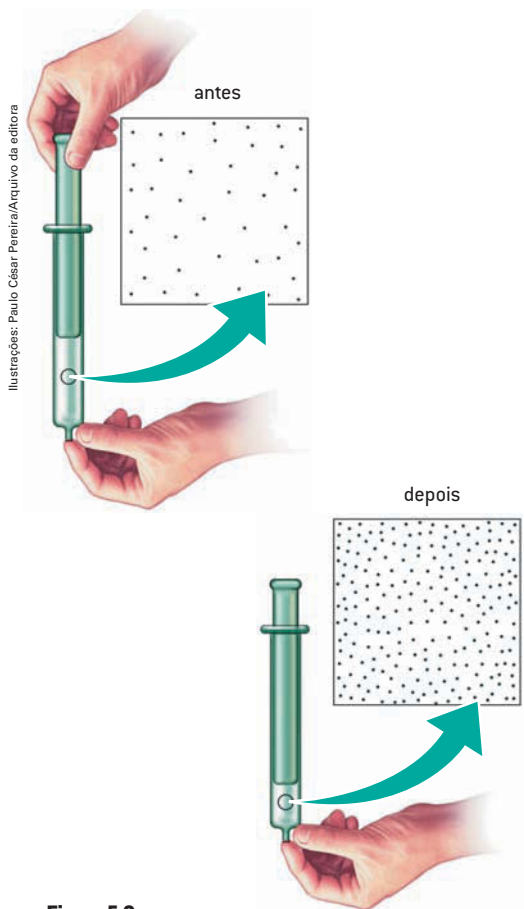



Figura 5.9
Modelo para o ar sendo comprimido na seringa.

antes

depois

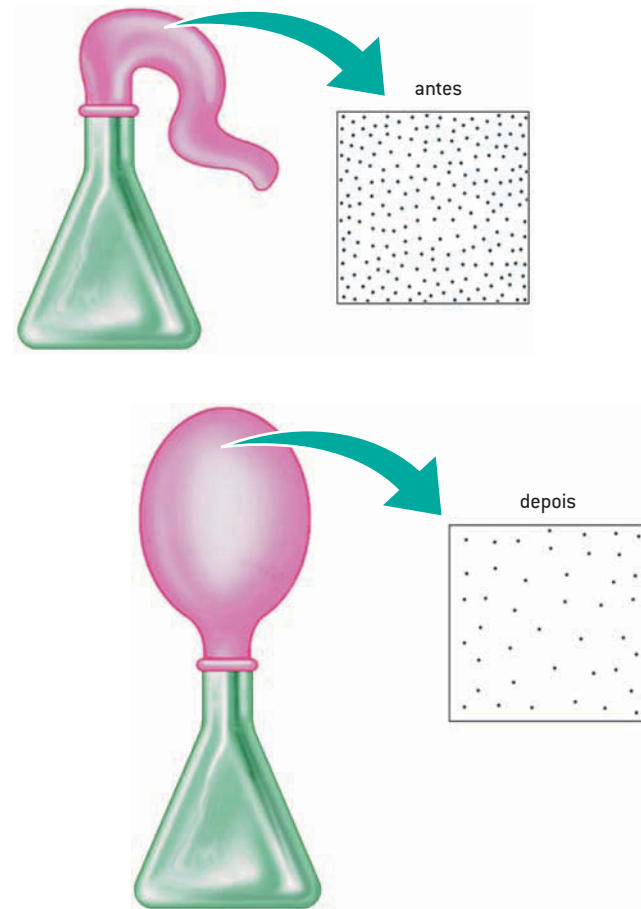



Figura 5.10
Modelo para a dilatação do ar no balão.

Figura 5.11
Modelo para a difusão do gás pela cozinha.

A partir da Atividade 3 concluímos que as partículas que constituem os materiais são infinitamente pequenas. Apesar de a atividade envolver o permanganato de potássio em água, usando um material sólido em outro líquido, as conclusões são válidas para grande parte dos materiais conhecidos, inclusive os gases.

Podemos sistematizar esse modelo, que é conhecido como **modelo cinético-molecular** ou **modelo de partículas**, dizendo que:

- os materiais gasosos são constituídos por partículas infinitamente pequenas, que se movimentam continuamente no espaço vazio, por possuírem energia cinética;
- essas partículas praticamente não interagem, o que significa que não existem forças atrativas ou repulsivas significativas entre elas.

Dessa forma, num gás podemos considerar que as partículas existem individualmente, pois não há interação significativa entre elas. Como essas partículas são muito pequenas para serem visíveis, geralmente um gás é invisível. Nos gases existe uma grande distância entre as partículas, o que explica por que os materiais gasosos podem ser facilmente comprimidos e dilatados.

A energia cinética das partículas é diretamente proporcional à temperatura. Em primeiro lugar isso implica que quanto maior a temperatura, maior é a energia cinética das partículas. Em segundo lugar, que as partículas sempre estão em movimento, mesmo a temperaturas muito baixas, pois essas temperaturas são diferentes de zero kelvin (K). A **escala Kelvin** de temperatura, na qual o 0 °C equivale a 273 K, é chamada **escala de temperatura absoluta**, pois a temperatura nessa escala é sempre positiva. No zero dessa escala, cessaria todo o movimento das partículas. Portanto, teoricamente, o chamado "zero absoluto" não pode ser atingido.

Quando aquecemos um material gasoso, o movimento de suas partículas aumenta, e quando resfriamos, ele diminui. É por isso que, num dia quente, o gás se espalha mais rapidamente que num dia frio.

Questões

Q5. Descreva as principais características do modelo de partículas para o estado gasoso.

Q6. Que aspecto do modelo cinético-molecular está associado ao movimento das partículas de um gás?

Q7. Quando você descasca uma mexerica, as pessoas à sua volta sentem o cheiro da fruta.

a) Como você explica o fenômeno de o cheiro se espalhar?

b) Por que o cheiro seria menos perceptível no inverno?

Q8. Elabore um modelo para explicar por que a sopa esfria quando a sopramos.

atividade 4

Construindo um modelo para sólidos e líquidos

Vamos tentar explicar o comportamento dos sólidos e dos líquidos pelo modelo construído para os materiais gasosos. Para isso, vocês irão fazer algumas experiências simples e propor um modelo para explicar os resultados. Lembrem-se de que devem considerar algumas características do modelo construído para os materiais gasosos e procurar características que diferenciem os sólidos, os líquidos e os gases.

PARTE A ⇢ Dilatação de um líquido (álcool ou mercúrio) em um termômetro

Nesta atividade vocês usarão um termômetro de laboratório para analisar a dilatação da coluna de mercúrio ou álcool. A seguir, irão propor um modelo para explicar o comportamento do mercúrio ou do álcool antes e depois da dilatação.

Material

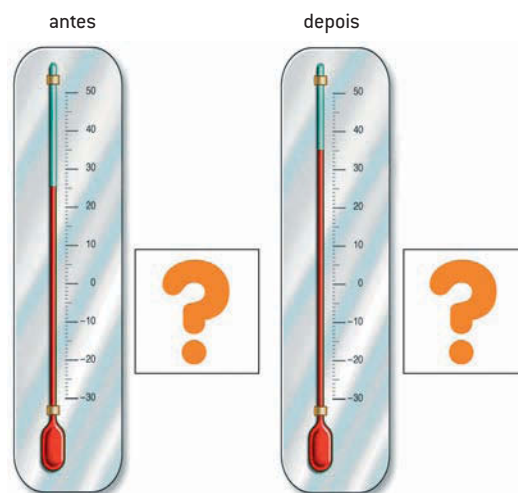
Um termômetro de laboratório.

O que fazer

A13 Segurem firmemente por algum tempo o bulbo do termômetro de laboratório. Observem o que ocorre com a coluna do líquido e, em seguida, registrem o que observaram.

A14 Como vocês explicam o que observaram?

A15 Discuta com seus colegas e proponham um modelo para o líquido no interior do termômetro antes e depois da dilatação e que explique o fato de o mercúrio ou o álcool dilatar-se sob a ação do calor da mão. Reproduzam esquematicamente os desenhos do termômetro, conforme o modelo escolhido, no caderno. Justifiquem o modelo escolhido e listem as características dele.

Figura 5.12
Representações do termômetro. Como podemos representar, em cada situação, o mercúrio no interior do termômetro?

A16 Após o debate com a classe, caso necessário, reformulem seu modelo e representem-no novamente no caderno. Façam os comentários que considerarem necessários.

PARTE B ⇢ Aquecimento da cânfora até a fusão

No capítulo 2, estudamos os fenômenos de fusão e ebulição dos materiais sólidos e líquidos. Nesta atividade, vamos aquecer a cânfora, contida num tubo de ensaio, até fundi-la. Em seguida, vocês irão propor um modelo que explique o comportamento da cânfora nos estados sólido, líquido e gasoso.

Reprodução/USGS

Figura 5.13
Lava vulcânica fundida.

StockFood/Latinstock

Figura 5.14
Cânfora em estado sólido.

Antes de iniciarmos o experimento, é conveniente relembrarmos a definição de fusão e ebulição. Tanto a fusão quanto a ebulição são fenômenos em que ocorrem mudanças de estado físico das substâncias.

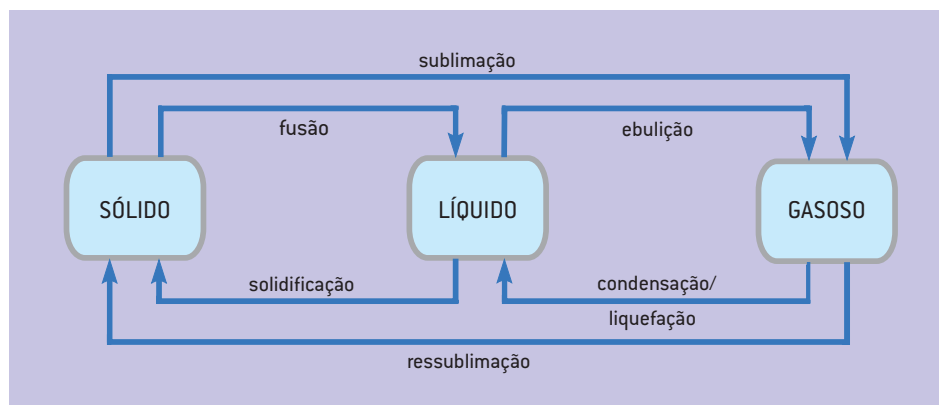



Figura 5.15
Quadro esquemático das mudanças de estado físico.

Material

Cânfora (uma colher de chá), um tubo de ensaio, uma garra de madeira e uma lamparina.

O que fazer

Coloquem uma colher de chá de cânfora dentro do tubo de ensaio. Prendam-no com a garra de madeira e aqueçam-no na lamparina até que toda a cânfora tenha se fundido. Observem e façam suas anotações no caderno.

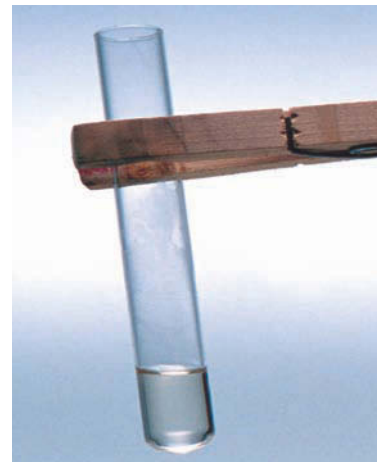
Atenção: Evite inalar os vapores durante o aquecimento. Cuidado ao manipular fogo e recipientes quentes! Aqueça o tubo de ensaio vagarosamente e **nunca** direcione a boca do tubo para você, nem para outras pessoas durante o aquecimento.

Fotos: Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 5.16
A fusão da cânfora.

A18 Elaborem uma explicação para o fato observado.

A19 Se vocês continuassem a aquecer a cânfora líquida, o que poderia acontecer?

A20 Discutam com seus colegas de grupo e proponham um modelo para explicar o comportamento da cânfora nos estados sólido, líquido e gasoso. Justifiquem o modelo escolhido e listem suas características.

A21 Após o debate com a classe, caso necessário, reformulem seu modelo e representem-no novamente no caderno.

5

atividade 5

Usando o modelo de partículas para explicar a solubilidade

No capítulo 2, estudamos algumas propriedades específicas dos materiais, entre elas a solubilidade. A dissolução é um fenômeno muito comum em nossas vidas. Por exemplo, quando adoçamos uma limonada, o açúcar adicionado é dissolvido na água. Para apressar o processo, agitamos a solução com uma colher. Será que a dissolução do açúcar ocorreria sem a agitação? Para responder a essa pergunta, vamos fazer uma experiência com o sulfato de cobre ($CuSO_4$), um sólido colorido.

Observando a dissolução do sulfato de cobre em água

Nesta atividade, vamos tentar utilizar o modelo de partículas para explicar o fenômeno da dissolução. Para isso, vocês irão fazer algumas experiências simples e propor um modelo para explicar os resultados. Lembrem-se de algumas características do modelo discutidas nas atividades anteriores.

Material

Dois cristais de sulfato de cobre ($CuSO_4$), um copo com água até a metade e outro com aguarrás (mistura de hidrocarbonetos vendida em lojas de tinta e muito usada como solvente).

O que fazer

A22 Adicionem um dos cristais de sulfato de cobre ($CuSO_4$) ao copo com água e outro cristal ao copo com aguarrás.

A23 Deixem os copos em repouso durante 5 min. Observem e descrevam o que ocorreu com os sistemas $CuSO_4 + H_2O$ e $CuSO_4$ + aguarrás:

a) 10 s após a adição do soluto;

b) 5 min após a adição do soluto.

Tenha cuidado!

Atenção: A aguarrás é tóxica e deve ser manipulada em local ventilado. **Não** inale os vapores e evite o contato com a pele.

Questões para discussão

Q9. Se vocês deixarem o sistema $CuSO_4 + H_2O$ em repouso por mais tempo, o que esperam observar?

Q10. Se vocês deixarem o sistema $CuSO_4$ + aguarrás em repouso por mais tempo, o que esperam observar?

Q11. Usem o modelo de partículas, levando em consideração o movimento e a interação entre as partículas, para tentar explicar a diferença entre o que foi observado e descrito em A23.

Q12. Se a água evaporar, ou se o sistema for aquecido de modo que provoque sua ebulição, o que esperam obter após a completa vaporização do líquido? Expliquem.

Q13. Suponham que vocês pesem, em conjunto mas sem misturar as substâncias, a massa de uma porção de açúcar e de um copo com água obtendo um valor (m_1) correspondente ao conjunto açúcar + copo com água. Se vocês adicionarem quantidade igual de açúcar ao copo com água, agitarem e pesarem novamente o copo, obterão um novo valor (m_2). A nova massa é maior, menor que a primeira ou igual a ela? Justifiquem a resposta.

texto 2

Estados físicos dos materiais e modelo de partículas

Neste capítulo, discutimos uma série de fenômenos com o objetivo de compreender um modelo para a constituição dos materiais e, por meio dele, explicar algumas propriedades desses materiais nos diferentes estados físicos.

Inicialmente, procuramos estabelecer critérios para classificar os materiais em um dos três estados físicos. Vários critérios poderiam ser apresentados, como: o sólido é duro, o líquido é mole e o gás não pode

ser apalpado; o líquido esparrama-se e o sólido não; o líquido molha e o sólido não; podemos mergulhar a mão em um líquido, mas não em um sólido; podemos segurar com facilidade um sólido nas mãos, mas não um líquido, muito menos um gás; o sólido se parece com uma pedra, o líquido com a água e o gás com o ar.

Todos esses critérios, embora úteis para lidar com materiais sólidos, líquidos e gasosos no dia a dia, estão relacionados apenas à sensibilidade de cada um de nós. Por isso não são muito precisos e podem conduzir a algumas dificuldades de classificação. Por exemplo, qual o critério para classificar um material como duro ou mole? Um tecido de algodão e um plástico para encapar caderno, apesar de "moles", são materiais sólidos. Os sólidos em forma de pó, como areia ou açúcar, se esparramam e nem por isso deixam de ser classificados como sólidos.

Figura 5.17
a) Apesar de moles, plásticos e tecidos são materiais sólidos.
b) Embora se esparramem, açúcar e areia também são sólidos.

Para evitar essas dificuldades, poderíamos propor um critério de classificação que também é baseado na experiência sensível, porém é mais objetivo que os anteriores. Nessa classificação, utilizamos o volume e a forma como critérios para definir se um objeto é sólido, líquido ou gasoso. Assim, um objeto de forma definida e volume constante (para uma determinada temperatura) é classificado como sólido. Uma pedra, por exemplo, tem forma e volume definidos, desde que sua temperatura não sofra variação. O mesmo podemos dizer de uma barra de ferro. A restrição em relação à temperatura é muito importante porque os materiais variam de volume quando sua temperatura varia.

Segundo esse critério, um líquido também tem volume constante, à semelhança de um sólido, mas sua forma não é definida, pois depende da forma interna dos recipientes. Por exemplo, 1 L de água pode adquirir a forma do interior de uma garrafa de refrigerante, de um saco plástico ou de um jarro.

Fotos: Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 5.18
Os líquidos assumem a forma interior dos recipientes que os contêm.

No entanto sempre se tratará de 1 L de água, pois seu volume não varia quando o transferimos de um recipiente para outro a uma temperatura constante. A coluna de mercúrio ou de álcool de um termômetro é um exemplo disso. Sabemos que o mercúrio ou o álcool da coluna dos termômetros "sobem" quando a temperatura aumenta. Isso ocorre porque os líquidos normalmente se dilatam (isto é, aumentam de volume) com o aumento da temperatura.

Figura 5.19
Termômetros de laboratório a diferentes temperaturas.

O mesmo critério estabelece que os gases não têm volume constante nem forma definida. Assim, conseguimos comprimir e descomprimir o ar contido numa seringa e, dessa forma, variar seu volume. Da mesma maneira, um gás que escapa de um botijão tende a se espalhar por todo o ambiente onde se localiza, aumentando de volume.

A aplicação dos critérios de volume e forma permite a classificação de um grande número de materiais como sólidos, líquidos ou gases. No entanto, é preciso ter alguns cuidados. Sabemos, por exemplo, que um sólido em forma de pó, como a areia ou o açúcar, pode adquirir a forma de um recipiente. Isso nos obriga a classificá-lo como líquido? Não, porque, se examinarmos um único grão do pó, concluiremos que ele tem forma definida.

Questões para discussão

Q14. Construa e preencha um quadro em seu caderno com quatro colunas, no qual você vai sistematizar os critérios para classificar os materiais nos diferentes estados físicos. Na primeira coluna, indique os estados físicos (sólido, líquido e gasoso), na segunda o primeiro critério descrito no texto (sensorial), na terceira, o segundo critério (forma e volume). Na quarta coluna você deverá indicar as características de cada estado físico, considerando o modelo de partículas que você construiu ao longo deste capítulo.

Estado físico	Critério 1 (sensorial)	Critério 2 (forma e volume)	Modelo de partículas

Quadro 5.2
Critérios para classificação dos estados físicos.

Q15. Utilize o modelo de partículas para descrever como as partículas se movimentam em cada um dos estados físicos.

Q16. Use o modelo de partículas para explicar por que os sólidos e líquidos têm volume constante e os gases não.

Q17. Utilize o modelo de partículas para explicar por que os sólidos têm forma própria e os líquidos e gases não.

Q18. Para um mesmo material, em qual estado físico as partículas têm mais movimento? Como a quantidade de energia está associada aos movimentos das partículas? Explique.

Q19. Considerando um mesmo material, qual estado físico apresenta maior densidade? Qual apresenta menor densidade? Explique.

Q20. Sabemos que o gelo flutua na água. O que você pode dizer da densidade da água em relação ao gelo? É maior, menor ou igual? Explique sua resposta.

Q21. Sabe-se que a água, na mudança de estado sólido para líquido, tem um comportamento diferente da maioria dos materiais em relação à densidade. Desenhe, em seu caderno, um modelo para a água no estado sólido (gelo) e outro no estado líquido.

Q22. O modelo da água pode ser utilizado para qualquer material sólido ou líquido? Por quê?

Q23. Em qual estado físico as partículas interagem mais fortemente? Explique.

Q24. Faça comentários sobre as seguintes características dos materiais: forma e volume; organização, energia e movimento das partículas e distância entre elas.

Q25. Segundo cada um dos critérios indicados no quadro que você construiu (quadro 5.2), discuta o estado físico dos seguintes materiais: neblina de uma manhã fria, "fumaça" no banheiro durante um banho quente, nuvens, vidro (material amorfo, isto é, que não possui arranjo geométrico regular entre suas partículas), cristal líquido dos mostradores de relógio (as partículas desse material estão orientadas no espaço).

5

texto 3

Ampliando a classificação dos materiais: coloides

O critério da forma e do volume tem limitações típicas de todo julgamento baseado na observação de propriedades macroscópicas dos materiais: constata as propriedades, mas não as explica.

A introdução do modelo cinético-molecular, ou de partículas, nos ajuda a explicar propriedades que os materiais possuem nos diferentes estados físicos e, dessa forma, a ter mais cuidado com as classificações baseadas nos critérios de forma e volume. Isso é importante porque o modelo cinético-molecular não nos ajuda a classificar os materiais, pois todas as características desse modelo baseiam-se na existência de partículas e espaços vazios ou na sua organização, aspectos que não são visíveis. No entanto, a partir desse modelo, é possível classificar os materiais tendo como referência o tamanho das partículas.

A classificação dos materiais em sólidos, líquidos e gases se aplica, primeiramente, às substâncias puras. Mas também pode aplicar-se a misturas, desde que sejam soluções, ou seja, tenham as partículas constituintes com dimensões atômicas até 1 nm (nanômetro), que corresponde a 10^{-9} m (metros), ou um milionésimo de milímetro.

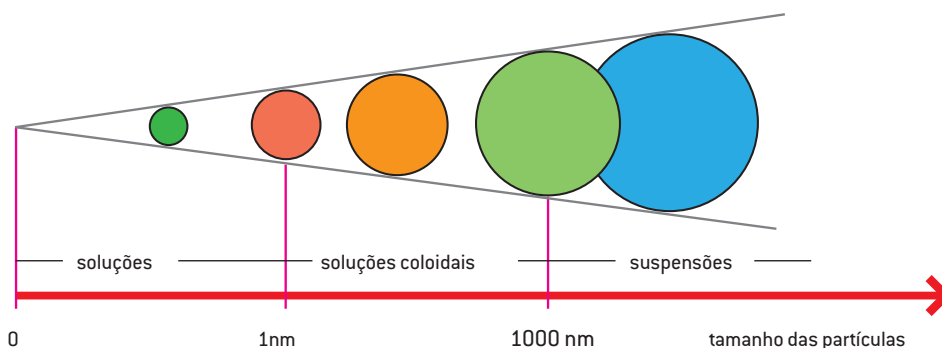



Figura 5.20
Tamanho das partículas e a classificação das misturas.

Para misturas constituídas por partículas maiores, existe uma classe de materiais chamada coloides ou **materiais em suspensão coloidal**. Elas não devem ser classificadas como sólidos, líquidos ou gases.

Fotos: Glow Images/Alamy/Other Images

Figura 5.21
Gelatinas e geleias são exemplos de coloides.

Uma nuvem, por exemplo, não tem forma definida nem volume constante, o que nos levaria a classificá-la como um gás. No entanto, sabemos que ela é constituída, entre outras coisas, de gotículas de água no estado líquido e, em alguns casos (como nas nuvens de tempestade), de pedacinhos de gelo em suspensão no ar. Assim, não é conveniente classificá-la como gás.

A utilização do modelo de partículas permite, portanto, analisar as situações de partículas em suspensão coloidal, como nos exemplos das nuvens e da neblina. Na realidade, não se trata de gases, pois nestes as partículas não interagem a ponto de formarem aglomerados visíveis. Logo, apesar de possuírem forma e volume variados, esses materiais não são gases, e sim aerossóis; neles as gotículas, no estado líquido, estão em suspensão no ar, que está no estado gasoso. Neste caso o ar seria considerado a **fase de dispersão**, ou seja, aquela que se encontra em maior quantidade. As gotículas de água são consideradas a **fase dispersa**, ou seja, aquela que se encontra em menor quantidade.

Uma maria-mole pode ser considerada uma espuma sólida, na qual um gás está em suspensão num sólido. O leite, a maionese e a manteiga são considerados emulsões, pois tanto a fase dispersa como a fase de dispersão estão no estado líquido.

Figura 5.22
A neblina e as nuvens são exemplos de coloides sob a forma de aerossol. Região da Serra Fluminense (RJ).

Renata Xavier/Arquivo da editora

5

A classificação dos diversos tipos de sistemas coloidais está baseada no estado físico das fases dispersa e de dispersão. No quadro 5.3, a seguir, apresentamos essa classificação.

Coloide	Fase dispersa	Fase de dispersão	Exemplo
aerossol líquido	líquido	gás	neblina, desodorante
aerossol sólido	sólido	gás	fumaça, poeira
espuma	gás	líquido	espuma de sabão e de combate a incêndio
espuma sólida	gás	sólido	poliuretano
emulsão	líquido	líquido	leite, maionese, manteiga
emulsão sólida	líquido	sólido	margarina, opala, pérola
sol	sólido	líquido	tinta, pasta de dente
sol líquido	sólido	sólido	vidro e plástico pigmentado

JAFELICCI JUNIOR, Miguel; VARANDA, Laudemir Carlos. O mundo dos coloides. *Química nova na escola*. n. 9, maio 1999.

Quadro 5.3
Classificação dos coloides de acordo com as fases dispersa e de dispersão.

Nas discussões sobre o modelo de partículas, estabelecemos um critério para a classificação dos materiais. Isso nos permitiu diferenciar materiais (como o vidro), que, apesar de possuírem forma própria e volume definido, não apresentam arranjo ordenado de suas partículas. A solução mais indicada para classificar o vidro é chamá-lo de **sólido amorfo**.

O termo "sólido" refere-se às propriedades de forma definida e volume constante, e "amorfo" designa que o vidro não apresenta estrutura cristalina com partículas organizadas segundo um arranjo geométrico. Os sólidos que, a exemplo de um cristal de quartzo, apresentam arranjo bem-ordenado, são chamados **sólidos cristalinos**.

Dex Image/Alamy/Other Images

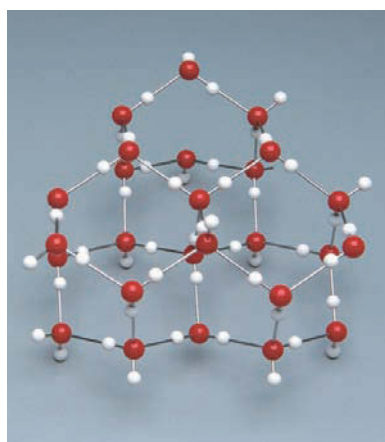
Figura 5.23
O vidro é um sólido amorfo.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 5.24
Nos sólidos cristalinos, as partículas estão organizadas segundo arranjos geométricos.

Claudio Larangeira/Arquivo da editora

Figura 5.25
O quartzo é um sólido cristalino.

Concluindo, verificamos que a classificação dos materiais em sólidos, líquidos e gasosos é limitada, não se aplicando a todos os materiais indistintamente. A partir do modelo de comportamento das partículas foi possível estabelecer critérios que nos permitiram entender situações diferentes, como a dos sólidos amorfos e dos sólidos cristalinos e a das suspensões coloidais e soluções.

Questões

Q26. Por que alguns materiais não podem ser classificados como sólidos, líquidos ou gases?

Q27. O que são coloides? Dê exemplos.

Q28. O que é um sólido cristalino? Dê exemplos.

Q29. O que significa dizer que o vidro é um sólido amorfo?

texto 4

Aplicação do modelo de partículas aos sólidos e líquidos

A aplicação desse mesmo modelo aos sólidos e líquidos não é óbvia. Afinal, se alguns sólidos são aparentemente impenetráveis, seria o sólido realmente constituído de partículas e espaços vazios? Para responder positivamente a essa questão, tivemos de discutir algumas características para a distribuição das partículas no sólido. Ao contrário do que ocorre com um gás, cujas partículas estão totalmente desordenadas e em constante movimento, o sólido possui partículas aglomeradas, que estão em constante movimento vibratório em torno de sua posição, não se deslocando. Dizemos que as partículas de um sólido não apresentam movimento de translação.

Nos sólidos cristalinos, essas partículas estão ordenadas em um retículo cristalino. Esse retículo é formado por células unitárias que correspondem a uma figura geométrica (como um cubo ou um paralelogramo), e as partículas estão nos vértices desses sólidos geométricos. Esse arranjo geométrico ordenado se repete por todo o cristal.

A maioria dos plásticos, material muito utilizado atualmente, apresenta um comportamento interessante: ora aproxima-se do estado sólido, ora do estado líquido. Um plástico rígido, com o aumento da temperatura, pode se tornar flexível e elástico. Essa mudança, chamada **transição vítrea**, ocorre a uma determinada temperatura, que depende da composição do material. Abaixo dessa temperatura, o plástico é rígido e se comporta como um sólido. Acima, torna-se viscoso, porque escoa como um fluido, e elástico, porque tende a recuperar sua forma original. As gomas de mascar são um exemplo interessante de material com essa propriedade. Como a transição vítrea nesses materiais ocorre a uma temperatura superior à ambiente, mas inferior à do corpo humano, a goma é dura na temperatura ambiente, mas amolece na boca.

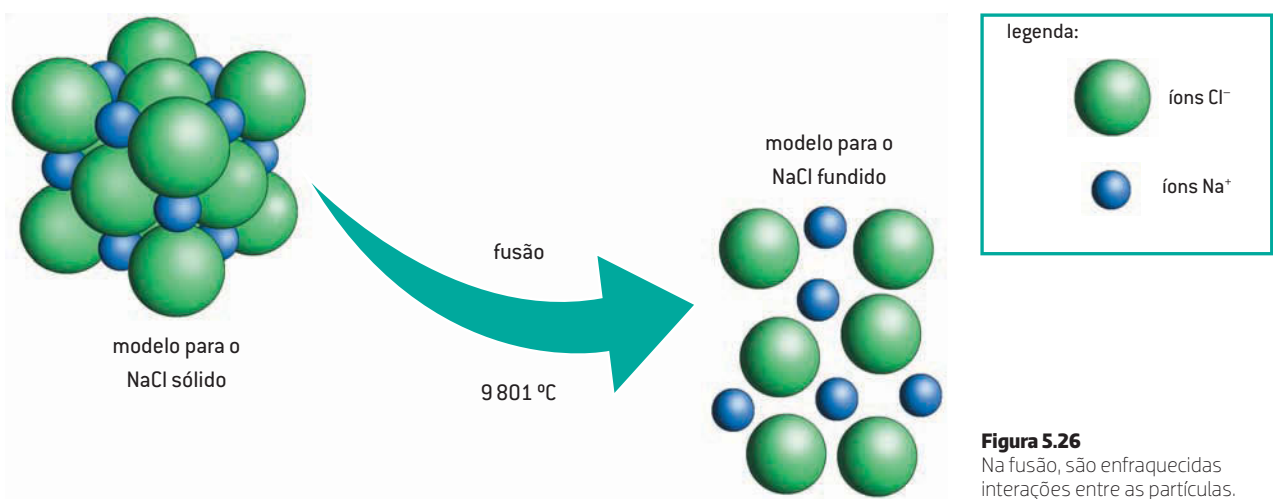
A atração entre as partículas no sólido é intensa, e os espaços vazios são bem menores que nos gases. É por isso que temos a impressão de impenetrabilidade em relação aos sólidos. De maneira semelhante, esse modelo explica por que os sólidos têm forma própria e não

se “esparramam” como os líquidos. Como estão limitadas a posições fixas, as partículas não podem se deslocar e “rolar umas sobre as outras”, como acontece com os líquidos.

O modelo para o estado líquido é intermediário entre os dois modelos, de gases e sólidos. Podemos imaginar que, no processo de fusão de um sólido, algumas de suas partículas passam a vibrar com muita intensidade, por causa do aumento de temperatura, e se deslocam de suas posições. Mesmo que isso ocorra com apenas algumas partículas, todo o retículo se rompe. Apesar disso, as partículas ainda mantêm uma atração entre si formando pequenos aglomerados, que, no entanto, podem “rolar” uns sobre os outros dando ao líquido a propriedade de “esparramar” e de adquirir a forma do recipiente em que ele está.

À medida que um líquido é aquecido, aumenta o movimento das partículas. Quando esse aquecimento atingir a temperatura suficiente para provocar a mudança do estado líquido para o gasoso, o processo de enfraquecimento de atrações entre partículas chega ao máximo, e as partículas deixam o líquido individualmente passando a constituir o material no estado gasoso. É necessário fornecer energia ao líquido para que as interações entre as partículas sejam desfeitas. Assim, o aquecimento de um líquido em ebulição não provoca o aumento da temperatura, pois toda a energia é gasta no rompimento das interações interpartículas. O mesmo ocorre com o processo de fusão.

Avits/Arquivo da editora

Figura 5.26
Na fusão, são enfraquecidas interações entre as partículas.

A temperatura de ebulição de uma substância depende da pressão atmosférica. Quanto maior a pressão atmosférica, maior a temperatura de ebulição. Como o modelo de partículas nos ajuda a compreender isso?

A passagem das partículas do meio líquido para o meio gasoso envolve, além da quebra da interação entre as partículas, o rompimento de uma “barreira” causada pelas partículas da atmosfera.

Assim, quanto maior a quantidade de partículas da atmosfera na superfície do líquido – algo diretamente proporcional à pressão atmosférica – maior será essa “barreira” e, portanto, maior a energia

necessária para que a ebulição aconteça. Isso se traduz em um aumento na temperatura de ebulição do líquido com o aumento da pressão atmosférica.

Assim, a interação entre partículas, muito fraca no estado gasoso e muito forte no estado sólido, tem valor intermediário no estado líquido. A atração não é suficientemente forte para impedir o deslocamento das partículas, mas é forte o bastante para mantê-las em fase condensada.

Em resumo, o aumento de temperatura provoca, em média, aumento da energia cinética das partículas, que se traduz num aumento de seu movimento. Isso gera um enfraquecimento da interação entre as partículas. Assim, num sólido, a interação é forte e o movimento é pequeno, somente de vibração em torno de posições fixas. Dizemos que o estado sólido é uma fase condensada porque as partículas estão muito próximas umas das outras.

No líquido, aumenta o movimento, mas não o suficiente para que não exista interação entre as partículas. As partículas no líquido podem se mover; isso explica por que os líquidos não têm forma própria e assumem a forma dos recipientes em que eles estão. Um líquido também é uma fase condensada, pois a distância média entre suas partículas não é muito diferente daquela do sólido, quando se trata do mesmo material.

No gás, o movimento das partículas é muito rápido e a interação entre elas, muito fraca. Assim, as partículas não se aglomeram e se deslocam individualmente, e existe grande espaço entre elas. Isso explica por que os gases se difundem com rapidez e por que podem ser comprimidos. Convivemos com esse tipo de fenômeno diariamente. Por exemplo, o cheiro de uma pessoa perfumada que entra numa sala é rapidamente percebido pelos presentes. O aroma é provocado por partículas da substância que constitui o perfume, e o fato de se espalhar rapidamente é uma evidência de que os gases se difundem. O mesmo raciocínio explica por que sentimos o cheiro de comida pronta e quente, mesmo estando longe da cozinha.

Questões

Q30. Represente o modelo de partículas para os estados físicos sólido, líquido e gás. Explicite, em cada caso, as características relativas à organização das partículas, espaços entre as partículas, movimentação das partículas e arranjos possíveis.

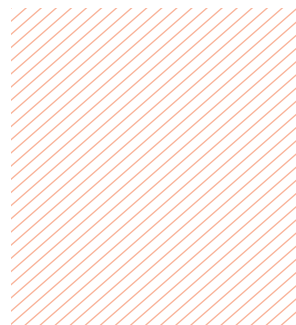
Q31. Leia atentamente o texto a seguir.

A água é uma substância líquida na temperatura ambiente. Nesse estado físico, suas partículas estão em movimento. Quando colocada em ambiente de baixa temperatura (abaixo de 0 °C), a água congela, ou seja, suas partículas param e acomodam-se em arranjos hexagonais formando assim o gelo.

Identifique no texto um erro conceitual e explique o que está errado.

Q32. Algumas rochas apresentam fendas ou porosidades que permitem a infiltração de água. Nos países de clima frio, observa-se que essas rochas, no inverno, fragmentam-se em várias partes. Utilizando seus conhecimentos sobre o modelo de partículas, explique por que isso acontece.

Q33. O que é transição vítrea? Dê exemplos de materiais que passam por esse processo.

Q34. Suponha que você acidentalmente grudou goma de mascar em seu cabelo. Como você poderia retirar a goma sem cortar o cabelo? Explique.

texto 5

Pressão, densidade, dissolução e o modelo de partículas

O modelo cinético-molecular possibilita-nos explicar alguns fenômenos que ocorrem com os materiais. A pressão é um desses fenômenos. Imagine um gás em um recipiente cúbico: as partículas desse gás estão colidindo aleatoriamente entre si e com as paredes desse cubo. A definição de pressão é "a força normal (perpendicular à área), exercida por unidade de área". Do ponto de vista cinético-molecular, a pressão pode ser compreendida como a força exercida pelas partículas ao se colidirem com uma unidade de área.

As unidades mais usuais para pressão são o milímetro de mercúrio (mmHg) e a atmosfera (atm). Neste caso, 1 atm é equivalente a 760 mmHg, mas essas não são unidades do Sistema Internacional (SI). Nesse sistema a unidade recomendada para medidas de pressão é o pascal (Pa), que equivale a $kg/(m \cdot s^2)$ ou, sinteticamente, N/m^2. Pode-se dizer que 1 atm equivale a $1{,}013 \cdot 10^5$ Pa.

Com o modelo de partículas, podemos explicar também a variação da densidade nas mudanças de estado. A ordem de grandeza da distância média entre as partículas é a mesma nos sólidos e líquidos. Geralmente, no estado líquido os materiais são menos densos que no estado sólido, o que pode ser explicado por um pequeno aumento da distância média entre as partículas durante o processo de fusão do sólido. Essa diferença de densidade não é, no entanto, muito acentuada, e existem algumas exceções.

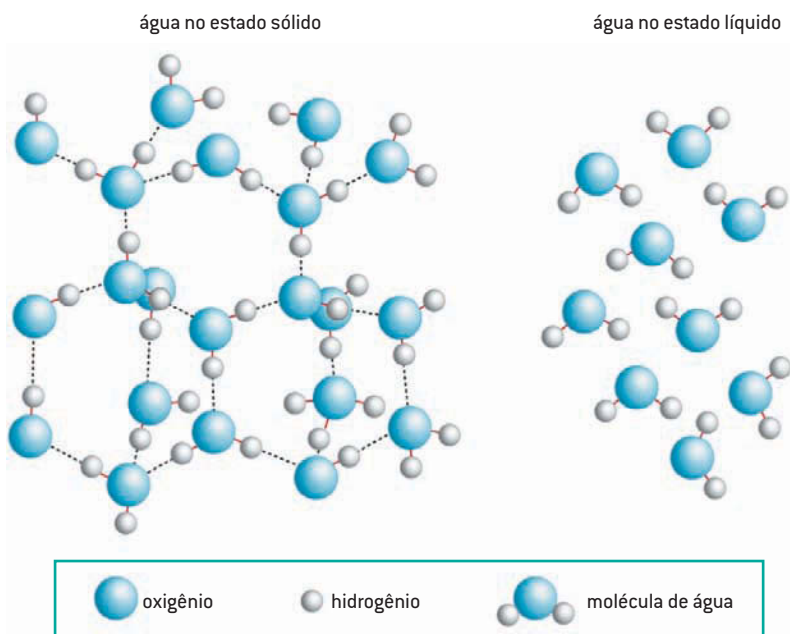



Figura 5.27
Modelo de partículas para a água nos estados sólido e líquido.

Por exemplo, a água no estado sólido é menos densa que no estado líquido. A explicação desse fato será dada no capítulo 9, quando já teremos avançado em nossos estudos. Neste momento uma boa aproximação é considerar que a distância média entre as partículas no gelo é maior que na água líquida. Essa propriedade da água (o gelo ser menos denso que a água líquida) é essencial para a vida no planeta. Se o gelo fosse mais denso que a água líquida, a camada de gelo que cobre oceanos e lagos das regiões frias não se formaria na superfície e sim no fundo, matando as formas de vida lá existentes.

PhotoDisc/Arquivo da editora

Figura 5.28
O gelo flutua na água.

5

Já os gases apresentam distâncias médias entre suas partículas cerca de 10 vezes maiores que nos sólidos e líquidos. Isso explica a baixa densidade dos gases, pois o aumento dos espaços vazios faz com que tenhamos um menor número de partículas e, portanto, menor massa em um grande volume. Isso provoca a diminuição da densidade. Da mesma forma, a densidade dos gases pode variar muito por processos de compressão. Já nos sólidos e líquidos, a variação de volume e, consequentemente, de densidade, ocorre principalmente pela variação da temperatura, que dilata ou contrai sólidos e líquidos. Os sólidos e líquidos também podem sofrer compressão, embora muito pequena. A variação de densidade é muito maior para um gás submetido ao aquecimento que para líquidos ou sólidos.

Dissolução e o modelo de partículas

Outra situação que pode ser explicada com o modelo de partículas é a difusão de um sólido em um líquido. Vimos, na Atividade 5 (página 125), que, ao colocarmos um cristal de sulfato de cobre ($CuSO_4$) no copo com água, em repouso, a cor azul, característica do sulfato de cobre, vai se espalhando espontaneamente pelo líquido, sem que seja necessária qualquer agitação.

O mesmo não se observa, no entanto, quando se coloca um cristal de sulfato de cobre num copo contendo aguarrás.

Fotos: Sérgio Dotta Jr./Arquivo da editora

Figura 5.29
O sulfato de cobre não se dissolve na aguarrás e a cor não se difunde por todo o líquido.

Figura 5.30
O sulfato de cobre se dissolve em água, e a cor se espalha espontaneamente por todo o líquido.

O modelo de partículas permite explicar a diferença entre os resultados obtidos com aguarrás e água e por que o sulfato de cobre tende a se espalhar na água.

Entretanto, para explicarmos a dissolução, é necessário ainda considerar que existem interações entre as partículas do soluto, que chamaremos **interação soluto-soluto**, e interações entre as partículas do solvente, que chamaremos **interação solvente-solvente**.

Para que ocorra a dissolução, não basta que as partículas estejam em movimento, é necessário que se forme uma nova interação entre as partículas do solvente e as do soluto, que chamaremos **interação soluto-solvente**. Lembre-se de que toda quebra de interação requer que se forneça energia ao sistema e que, na formação de novas interações, há liberação de energia pelo sistema. Portanto, a energia liberada na formação das interações soluto-solvente tem de compensar energeticamente a quebra das interações soluto-soluto. Como as partículas de aguarrás não interagem com as de sulfato de cobre, a dissolução não ocorre nesse caso. Já as partículas de água interagem com as de sulfato de cobre, e essa interação soluto-solvente compensa energeticamente a quebra das interações soluto-soluto, o que torna possível a dissolução. A natureza de todas essas interações é elétrica e será estudada em capítulos posteriores.

Este modelo das interações soluto-solvente é parcial, pois não leva em conta uma propriedade das substâncias – a entropia – que será estudada no capítulo 2 do volume 2, sobre Termoquímica. No entanto, ele pode ser considerado uma boa explicação para a dissolução neste momento.

Para explicar por que o sulfato de cobre se espalha por toda a água, mesmo sem agitação, recorreremos ao movimento das partículas. As partículas do líquido estão em movimento constante e, ao interagir com as partículas do sólido, contribuem para que estas últimas se espalhem por todo o líquido.

Essa experiência é uma importante evidência de que as partículas de um líquido se deslocam em movimento de translação. No caso do exemplo estudado, trata-se de uma solução colorida de um sólido em um líquido. Existem, no entanto, várias soluções incolores, que apresen-

tam o aspecto de líquidos puros, mas que contêm materiais sólidos dissolvidos. É o caso da água do mar, na qual vários sais estão dissolvidos.

Se deixarmos certa quantidade de água do mar evaporar-se, veremos que restará, no fim, uma quantidade de material sólido. Isso é uma evidência de que a água do mar, apesar de ter a aparência de líquido puro, é uma solução.

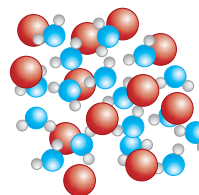
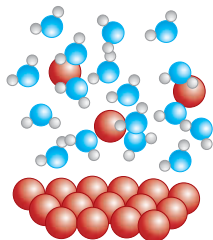
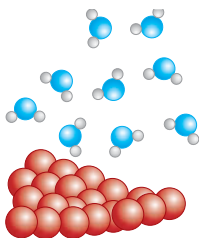
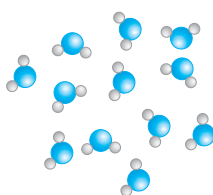
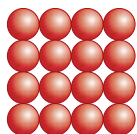
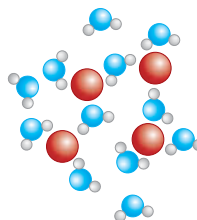



Figura 5.31
Modelo para a difusão da cor do sulfato de cobre pela água.

Questões

Q35. Em seu livro *Um cientista na cozinha*, Hervê This escreve "A panela de pressão é uma antimontanha". A que o autor está se referindo?

Q36. Observe os modelos propostos para a dissolução do sal em água e comente-os.

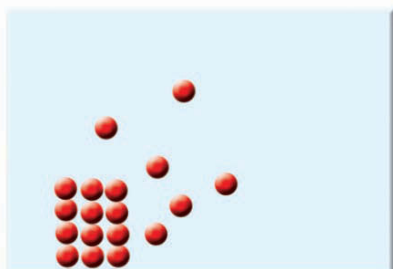
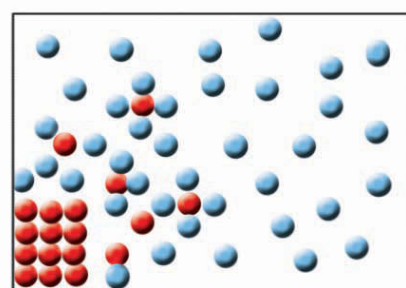
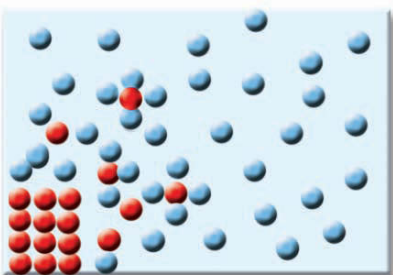



Figura 5.32
Modelos para dissolução do sal em água.

Q37. Douglas realizou um experimento para estudar o comportamento de um sólido quando interage com dois solventes diferentes. Para seu experimento, utilizou o sal de cozinha (cloreto de sódio, NaCl) sólido. Observe o quadro 5.4, preenchido por Douglas com dados experimentais por ele obtidos:

Solubilidade do sal de cozinha	Observações
em água à temperatura ambiente	totalmente solúvel após 10 min
em água quente	totalmente solúvel após 5 min
em tetracloreto de carbono	insolúvel

Quadro 5.4 Questão Q37.

Utilizando o modelo de partículas, explique os resultados do experimento.

EXERCÍCIOS

No início deste capítulo, comentamos que algumas questões discutidas nos capítulos sobre propriedades dos materiais ficaram sem resposta satisfatória. Nossa expectativa é que a construção de um modelo de partículas para explicar os fenômenos que ocorrem com os materiais ajude a aprofundar essas respostas. Com base nos conhecimentos adquiridos ao longo deste capítulo, responda:

E1. Por que alguns materiais são mais densos que outros?

E2. Por que a temperatura permanece constante nas mudanças de estado físico das substâncias?

E3. Por que a temperatura de ebulição dos líquidos, a exemplo da água, é afetada pela pressão atmosférica?

E4. Por que as substâncias são solúveis em certos solventes e insolúveis em outros?

texto 6

Como funciona um mostrador de relógio digital?

Para respondermos a essa pergunta, temos que nos deter nas propriedades do material que constitui os mostradores – os cristais líquidos.

A figura 5.34 (página 141) ilustra um modelo de partículas para os três estados da matéria. Segundo esse modelo, um dos critérios que diferenciam os sólidos dos líquidos é o fato de que os primeiros têm suas partículas arranjadas em posições fixas, o que faz com que essas partícu-

Fernando Lemos/Strana/Arquivo da editora

Figura 5.33
Mostrador de relógio digital.

las possuam apenas o movimento de vibração. É por isso que os sólidos têm forma própria. Já em um líquido, as partículas não têm posições fixas, ou seja, estão livres para se movimentar, individualmente ou em grupo, umas em relação às outras; isso faz com que os líquidos adquiram a forma do recipiente em que estiverem.

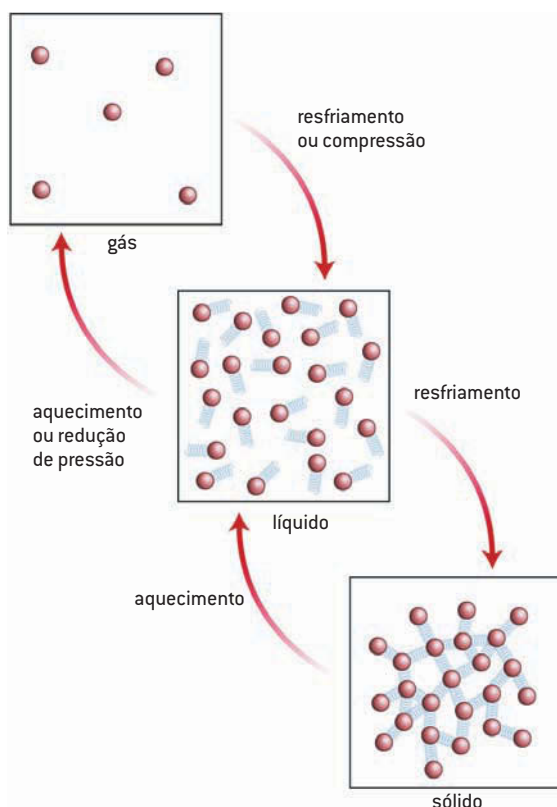



Figura 5.34
Modelo de partículas para os estados físicos.

Nos modelos da figura 5.34, usamos pequenas molas para representar as interações entre as partículas no sólido. Lembre-se de que essas interações são de natureza elétrica e de que as molinhas não existem na realidade, apenas representam as interações. No líquido, as molinhas continuam a ser indicadas, pois também há interações entre as partículas, só que não suficientemente fortes para manter as partículas em posições definidas. No gás, não indicamos mais as molinhas, pois as partículas são individuais, não existindo interação entre elas. Note que a distância entre as partículas é muito maior do que no sólido e no líquido.

Os cristais líquidos são materiais que apresentam algumas propriedades de materiais líquidos, como o fato de suas moléculas poderem deslocar-se livremente. Por essa razão, apresentam-se sob a forma líquida, adquirindo a forma do interior do recipiente em que estiverem. No entanto, esses materiais também apresentam uma propriedade dos sólidos cristalinos: suas moléculas estão organizadas, pois assumem certa orientação no espaço. Na figura 5.35, estão ilustrados dois modelos, um para o líquido comum e outro para o cristal líquido.

Ilustrações: Avits/Arquivo da editora

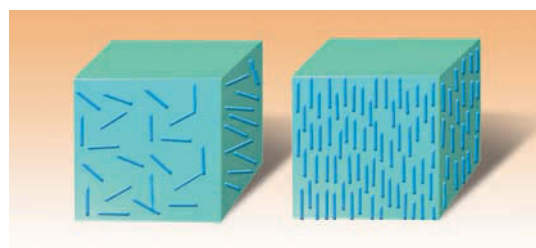



Figura 5.35
Modelos para um líquido comum e para um cristal líquido

A orientação das partículas no cristal líquido pode variar com a temperatura ou com a intensidade de um campo elétrico aplicado ao material.

Quando a orientação das partículas varia, algumas propriedades ópticas do cristal líquido podem variar, como veremos a seguir (figura 5.36). É por isso que eles são utilizados na fabricação de telas de computadores, mostradores de calculadoras e relógios digitais.

Ilustrações: Avits/Arquivo da editora

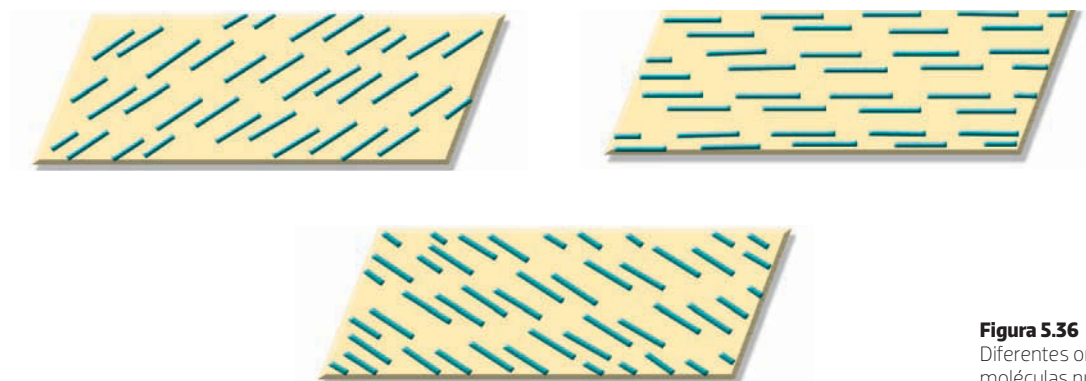



Figura 5.36
Diferentes orientações das moléculas num cristal líquido.

Os mostradores de relógios digitais

Os cristais líquidos são amplamente utilizados em mostradores de relógios e calculadoras, sendo controlados eletricamente. A aplicação de um campo elétrico provoca uma mudança na orientação das moléculas do cristal líquido, o que afeta as propriedades ópticas de uma de suas camadas.

O cristal líquido é colocado entre duas placas de vidro encobertas por material transparente e condutor de eletricidade. Num mostrador de relógio ou de calculadora, a luz que atinge a superfície passa, em primeiro lugar, por uma fina camada de material polarizador, que permite a passagem apenas de raios de luz cuja vibração se dá numa determinada direção. Quando não há voltagem aplicada no material condutor, a luz polarizada passa pela camada de cristal líquido, é refletida no fundo do dispositivo e emerge novamente através da placa que cobre o dispositivo. A superfície aparece, então, brilhante. A aplicação de um campo elétrico ao material condutor provoca a mudança na orientação das partículas de cristal líquido. Consequentemente, a luz polarizada não passa através da camada de cristal líquido e as áreas do mostrador em que foi aplicado o campo elétrico aparecem mais escuras.

Figura 5.37
Estrutura típica de um mostrador de cristal líquido.

A aplicação do campo elétrico às áreas apropriadas do mostrador pode formar letras, números ou outras figuras. A figura 5.38 apresenta a estrutura de um mostrador numérico, que é dividido em sete áreas. Pela aplicação da voltagem nos segmentos apropriados, pode-se formar qualquer numeral. O numeral 5, por exemplo, é formado pela aplicação da voltagem nos segmentos 1, 3, 4, 5 e 7.

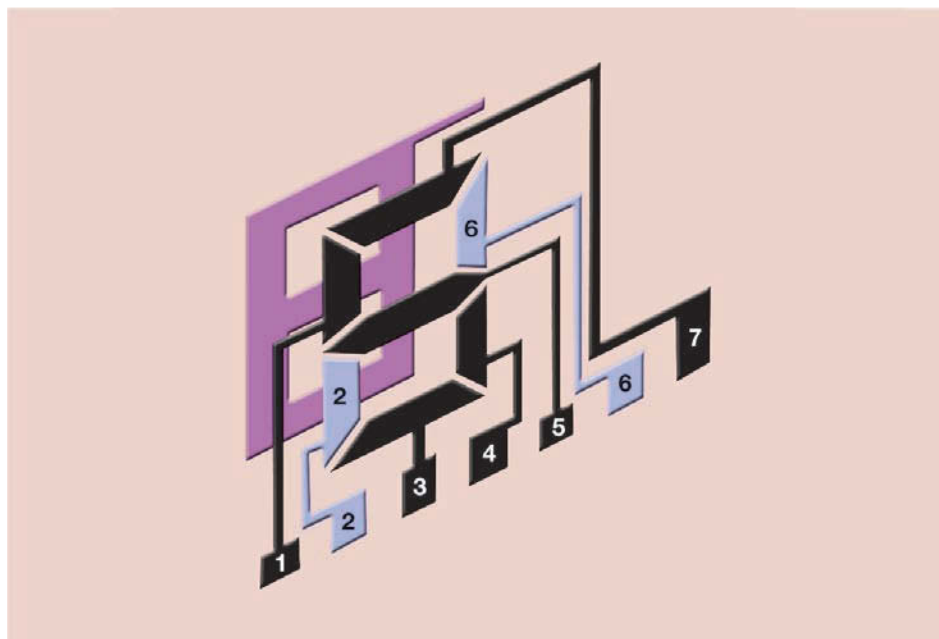



Figura 5.38
Segmentação das áreas do mostrador para formar numerais.

5

Questões

Q38. Se considerarmos o arranjo das partículas, o que diferencia um sólido de um líquido?

Q39. O que é um cristal líquido? Faça uma representação de um modelo para um líquido comum e para um cristal líquido.

Q40. Que fatores provocam a variação da orientação das partículas num cristal líquido? Explique.

Q41. Por que os cristais líquidos são utilizados na fabricação de mostradores de relógios digitais?

Q42. Explique como funciona um mostrador de cristal líquido.

EXERCÍCIOS

E5. Ao se comprimir o êmbolo de uma seringa tampada, cheia de ar, observa-se que o êmbolo pode ser empurrado até certo ponto.

a) Utilizando o modelo cinético molecular, explique o fenômeno observado.

b) A partir do modelo de partículas, explique por que seria possível observar a formação de algumas gotículas no interior da seringa caso o êmbolo continuasse a ser comprimido.

E6. Aquecendo-se um tubo de ensaio com um pequeno balão preso à sua boca, observa-se que o balão se enche. A respeito desse fato, marque **V** (verdadeiro) ou **F** (falso) para as afirmativas abaixo e, no caderno, justifique sua resposta:

a) (///////////) A densidade do ar, após o aquecimento, diminui.

b) (///////////) O balão enche porque todo o ar que estava no tubo sobe para o balão.

c) (///////////) O aquecimento provoca o aumento das partículas de ar.

d) (///////////) Com o aquecimento, as partículas do ar que estavam paradas adquirem movimento.

E7. Reproduza o quadro abaixo no caderno e, em seguida, preencha-o.

Estado físico	Sólido	Líquido	Gasoso
Organização das partículas	///////////////////////////	///////////////////////////	///////////////////////////
Movimento das partículas	///////////////////////////	///////////////////////////	///////////////////////////
Forma e volume	///////////////////////////	///////////////////////////	///////////////////////////
Distância entre as partículas	///////////////////////////	///////////////////////////	///////////////////////////

Quadro 5.5
Exercício E7.

E8. Explique como a quantidade de energia está associada ao movimento das partículas. Para um mesmo material, em qual estado físico as partículas têm mais energia cinética?

E9. Sabe-se que o gelo flutua na água.

a) O que você pode dizer sobre a densidade da água em relação ao gelo (maior, menor ou igual)? Explique.

b) Considerando as características do modelo cinético molecular, no caderno, faça um desenho que represente a organização das partículas para:

- A água no estado sólido (gelo) e no estado líquido.
- O sal de cozinha no estado sólido e no estado líquido.

c) A partir desses modelos, explique a diferença de densidade dessas substâncias nos estados sólido e líquido.

E10. Em qual estado físico as partículas estão mais próximas e organizadas? Explique.

E11. Estabeleça relações entre os termos: movimento, temperatura, interação entre as partículas e energia cinética.

E12. Por que é possível sentir o cheiro de uma comida pronta e quente mesmo estando longe dela e o mesmo não é possível se a comida estiver fria?

E13. A partir do modelo de partículas, explique por que a temperatura varia nas regiões I, III e V e não varia nas regiões II e IV indicadas no gráfico de **temperatura** (T) *versus* **tempo**, para uma substância inicialmente sólida:

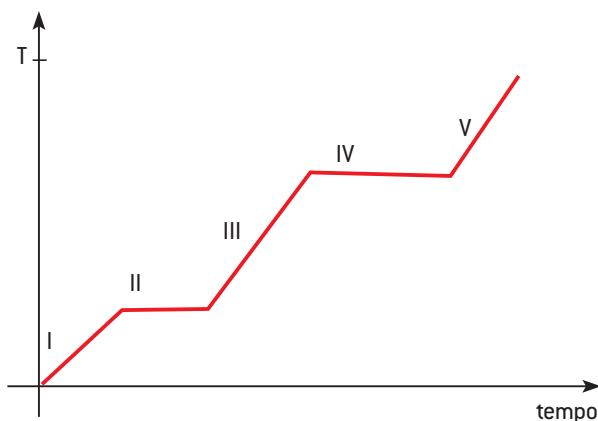



Figura 5.39
Exercício E13.

E14. Ao se colocar um grão de permanganato de potássio em um béquer com água, em repouso, a cor arroxeada, característica do permanganato, vai se espalhando espontaneamente pelo líquido.

a) Como você explica o fato da cor se espalhar mesmo sem agitação?

b) Por que o mesmo não acontece ao se colocar permanganato na aguarrás?

c) Considerando as interações entre as partículas do sistema (soluto e solvente), descreva as etapas que ocorrem na dissolução.

E15. O modelo cinético-molecular é uma referência teórica que nos auxilia a explicar alguns fenômenos. Analise as afirmativas a seguir:

a) O modelo cinético molecular admite que entre uma partícula e outra exista ar.

b) O modelo cinético molecular admite que em um sólido as partículas estejam completamente imóveis.

Utilizando as características do modelo em questão diga se a afirmativa é **correta** ou **incorreta**. Justifique sua resposta.

E16. O modelo cinético-molecular é uma referência teórica que nos auxilia a explicar alguns fenômenos. É **incorreto** afirmar que o modelo cinético-molecular admite que:

a) as partículas estão em movimento.

b) as partículas são muito pequenas.

c) entre uma partícula e outra existe ar.

d) os materiais são constituídos por partículas.

E17. Luísa e Miguel aqueceram um tubo de vidro que estava conectado a um balão de aniversário. Durante o aquecimento do tubo, observaram que o balão inflou.

Considerando o modelo cinético-molecular, é **correto** afirmar que o balão aumentou de volume porque:

a) a densidade do gás existente dentro do balão aumentou.

b) a energia cinética das partículas e a pressão interna aumentaram.

c) a massa do sistema constituído por tubo + balão aumentou.

d) as partículas de gás aqueceram e aumentaram de tamanho.

5

E18. Um estudante colocou uma garrafa de vidro cheia de água no congelador. Após várias horas descobriu que ela havia quebrado. Considerando o modelo cinético-molecular, isso ocorreu porque:

a) as moléculas de água pararam de se movimentar em posições mais afastadas entre si do que na temperatura ambiente.

b) a água líquida se transformou em gelo, aumentando sua densidade.

c) o arranjo das partículas de água no gelo possui mais espaço do que na água líquida.

d) o vidro é um sólido amorfo que se contrai de maneira desigual, quebrando-se ao atingir 0 ºC.

e) a solubilidade dos gases dissolvidos na água diminui com o abaixamento da temperatura, aumentando a pressão interna na garrafa.

E19. Um pequeno grão de permanganato de potássio, um sal de cor arroxeada, foi jogado dentro de um béquer contendo 1 L de água. No primeiro momento, o grão foi para o fundo do béquer, deixando um "rastro" rosado por onde passou. Após algumas horas, sem sofrer nenhum tipo de agitação, o líquido estava totalmente rosa.

Considerando o modelo cinético-molecular, é **correto** afirmar que:

a) as partículas da água não possuem energia cinética.

b) as interações entre as partículas do permanganato de potássio foram quebradas.

c) entre as partículas de permanganato de potássio não existe espaço vazio.

d) as interações soluto-solvente não foram formadas.

E20. A naftalina é um sólido branco de odor característico que sublima com facilidade. A figura que representa corretamente as partículas de uma amostra de naftalina após total sublimação é:

a)

c)

b)

d)

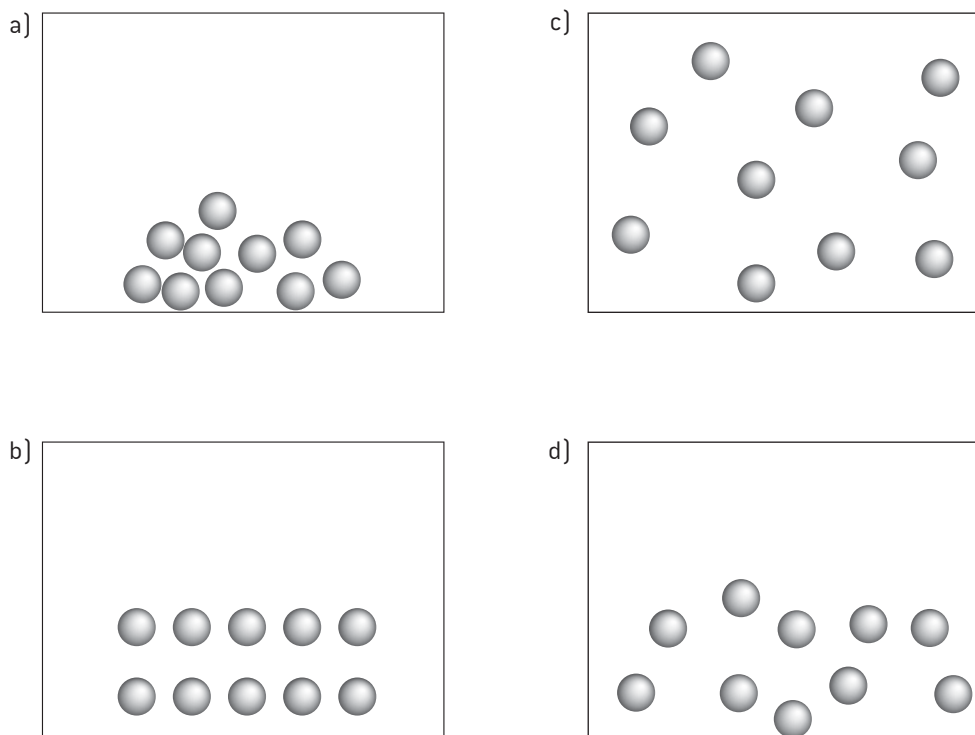



Figura 5.40
Exercício E20.

E21. As representações de 1 a 4 consideram o modelo cinético-molecular para explicar o fenômeno da difusão do gás de cozinha no ar.

Representação 1

antes

depois

- partículas do ar
- partículas do gás de cozinha

Representação 2

antes

depois

ar

gás de cozinha

Representação 3

antes

depois

ar

gás de cozinha

Representação 4

antes

depois

- partículas do ar
- partículas do gás de cozinha

Ilustrações: Paulo César Pereira/Arquivo da editora

Figura 5.41
Exercício E21.

A representação que está mais coerente com o modelo cinético-molecular é a:

a) representação 1.

b) representação 2.

c) representação 3.

d) representação 4.

E22. Três materiais (1, 2 e 3) apresentam o seguinte comportamento quando colocados em um recipiente:

1: movimenta-se em direção ao fundo;

2: espalha-se por todo o espaço disponível;

3: movimenta-se em direção ao fundo, espalhando-se e cobrindo-o.

Indique os estados físicos dos materiais 1, 2 e 3.

E23. Um balão foi colocado na boca de um recipiente de vidro limpo e seco, e em seguida o recipiente foi colocado sobre uma chapa quente. Durante o aquecimento pôde-se observar que o balão inflou. Utilizando o modelo cinético-molecular, explique o fenômeno observado.

Paulo César Pereira/Arquivo da editora

Figura 5.42
Exercício E23.

na internet

<www.qmc.ufsc.br/quimica/pages/aulas/gas_page5.html>

Nesta página você vai ter acesso ao vídeo "Energia Cinética" (em inglês), que mostra como varia a energia cinética de um gás com a massa e com a temperatura. Acesso em: 1º ago. 2012.

<http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/states-of-matter>

Nesta página você encontra uma simulação que mostra diferentes tipos de partículas que constituem substâncias nos estados sólido, líquido ou gás. Na simulação é possível alterar a temperatura, a pressão e o volume de um recipiente e observar as mudanças de fase. Acesso em: 30 out. 2012.

Questões de exames

Todas as questões devem ser respondidas em seu caderno. Não escreva no livro.

Q43. (UEG-GO) O estado de um gás é caracterizado pelo valor de três grandezas físicas: o volume, V, a pressão, P, e a temperatura, T, que são denominadas variáveis de estado de um gás. A figura a seguir representa o diagrama de fases da água.

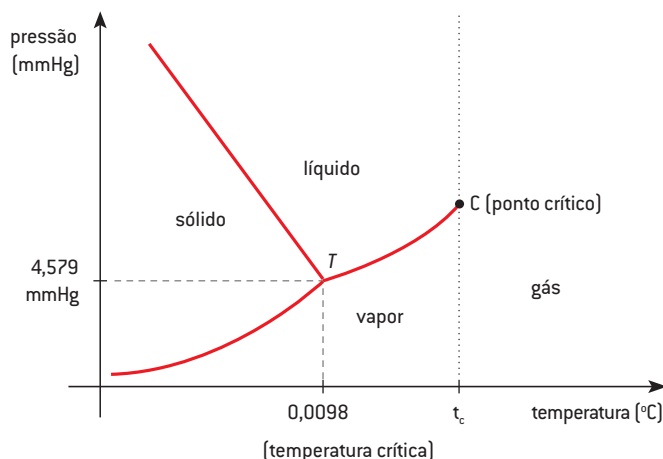



Figura 5.43
Exercício Q43.

Considerando as informações, responda ao que se pede.

a) Com base na figura, estabeleça a diferença entre gás e vapor.

b) Explique a diferença entre aquecer o gelo acima e abaixo de 4,579 mmHg de pressão.

Q44. (UEM-PR) Assinale, em seu caderno, a alternativa **correta** a respeito da compressão de um gás ideal sob temperatura constante:

a) A densidade do gás aumenta, e a energia cinética das moléculas aumenta.

b) A densidade do gás aumenta, e a energia cinética das moléculas permanece constante.

c) A densidade do gás aumenta, e a energia cinética das moléculas diminui.

d) A densidade do gás permanece constante, e a energia cinética das moléculas permanece constante.

e) A densidade do gás permanece constante, e a energia cinética das moléculas aumenta.

Q45. (UFMG) A ideia de que as partículas estão em constante movimento foi apresentada por Leucipo e Demócrito, e ainda continua válida. Considerando esta ideia, podemos afirmar que:

a) A pressão dos gases pode ser explicada pelo choque de suas partículas contra as paredes do recipiente.

b) No estado gasoso, as partículas estão em movimento ordenado e relativamente afastadas umas das outras.

c) No estado líquido, embora ainda em movimento, as partículas estão mais próximas que no estado sólido.

d) O estado físico sólido é o único no qual as partículas não se movimentam.

Q46. (UFSJ-MG) Indique em que fase de agregação se encontram, respectivamente, o disperso e o dispergente nas dispersões coloidais a seguir:

	Dispersão	Disperso	Dispergente
a)	sol	////////////////	////////////////
b)	gel	////////////////	////////////////
c)	aerossol	////////////////	////////////////
d)	emulsão	////////////////	////////////////
e)	espuma sólida	////////////////	////////////////

Quadro 5.6
Questão Q46.

5

CAPÍTULO

6 Modelos para o átomo e uma introdução à tabela periódica

CONTEÚDO DIGITAL

No capítulo 5, construímos o modelo de partículas para explicar as propriedades de sólidos, líquidos e gases. Esse modelo pode ser designado, genericamente, como um modelo atomista.

O modelo de partículas que construímos é limitado e não explica muitas propriedades que os materiais apresentam. A condutividade elétrica de materiais, como metais e soluções, por exemplo, não pode ser explicada recorrendo-se apenas à ideia de que a matéria seja constituída por partículas e espaços vazios. Serão necessários modelos mais sofisticados para a explicação dessa e de outras propriedades. Nosso modelo, no entanto, revelou-se útil na explicação dos estados físicos dos materiais e também nos ensinou a respeito da própria noção de modelo.

Matthew Cole/Shutterstock/Glow Images

Até agora, não empregamos a palavra átomo porque na ciência moderna esse termo tem um sentido muito preciso. Já a palavra partícula, que estamos empregando, é mais genérica e pode ser aplicada a toda uma classe de corpos submicroscópicos, inclusive aos próprios átomos. Ao continuarmos nosso curso de Química, aprenderemos a empregar esse termo com mais precisão.

Patrick Landmann/SPL/Latinstock

Alguns fenômenos necessitam de modelos para serem compreendidos. Não devemos enxergar um modelo como uma cópia da realidade. Um modelo é apenas uma representação, uma aproximação do que ocorre na realidade. Ao mesmo tempo, cada modelo é útil na explicação de certas propriedades e transformações que a realidade apresenta. Se algumas transformações ou propriedades não puderem ser explicadas por um modelo, ele deve ser substituído ou modificado. Isso não impede que ele continue sendo usado nas situações mais simples.

Christian Hager/DPA/Corbis/Latinstock

Figura 6.1 Na foto principal, um reator nuclear. Ele é usado na transmutação de elementos químicos. Nos detalhes, vemos a energia emitida pelo núcleo de um reator com efeito de Cherenkov e uma representação de Bohr para o átomo.

texto 1

A ideia de átomo: da Grécia antiga aos tempos atuais

A ideia da existência de átomos remonta à Grécia antiga, onde Leucipo (480?-430? a.C.), Demócrito (460?-370? a.C.) e Epicuro (341?-270? a.C.) argumentavam que a matéria seria constituída por átomos (palavra que significa, em grego, indivisível) e espaços vazios. Essa ideia, entretanto, não prevaleceu e ficou, de certa forma, marginalizada durante 2 mil anos.

Figura 6.2
Demócrito e Epicuro eram atomistas: acreditavam que a matéria seria constituída por átomos e espaços vazios.

A concepção filosófica que prevaleceu até o século XVI foi proposta por Aristóteles (384-322 a.C.). Para esse filósofo grego, a matéria seria contínua. Assim, Aristóteles não supunha a existência de átomos e espaços vazios entre eles (o que não significa dizer que ele admitia que a matéria era indivisível). Na sua concepção de matéria, haveria um limite para essa divisibilidade, o que o levava a pensar na existência de partículas. Essa teoria das menores partículas – ou mínimos naturais, como eram chamadas por Aristóteles – não pode ser confundida com o atomismo de Leucipo, Demócrito e Epicuro. Para Aristóteles, as menores partículas seriam grãos de matéria, que exibiriam todas as suas propriedades – poderiam se dilatar, fundir-se, etc.

Figura 6.3
Aristóteles não era atomista: acreditava que as menores partículas da matéria seriam grãos de matéria.

Como tivemos oportunidade de discutir, as partículas do ar não se dilatam quando aquecidas. A dilatação observada é consequência do aumento da separação média entre as partículas que compõem o material. Portanto, em um modelo atomista, nem todas as propriedades dos materiais podem ser atribuídas às partículas, como queria Aristóteles.

Apesar de suas ideias terem sido marginalizadas por longo tempo, Leucipo, Demócrito e Epicuro estavam mais próximos da concepção que acabou prevalecendo na ciência moderna – a de que a matéria é constituída por átomos e espaços vazios.

A partir do Renascimento, no século XVI, o atomismo foi retomado por uma corrente de pensamento que teria grande sucesso na Física: o mecanicismo, segundo o qual o mundo funcionava como uma grande máquina, precisa e exata. Gassendi (1592-1655) e Mersenne (1588-1648), filósofos que influenciaram Galileu, foram os primeiros a retomar a hipótese de que a matéria seria constituída por partículas (os átomos). Gerações posteriores de físicos e filósofos importantes como Galileu (1564-1642), Newton (1643-1727) e Boyle (1627-1691) usaram essa hipótese atomista na explicação de propriedades dos materiais.

Em 1803, John Dalton (1766-1844) retomou a hipótese atômica para explicar o comportamento dos diversos gases da atmosfera e das misturas gasosas. Assim como Leucipo, Demócrito e Epicuro, Dalton acreditava que a matéria seria constituída por átomos indivisíveis e espaços vazios.

Durante todo o século XIX, no entanto, a hipótese atômica enfrentou adversários ferrenhos, tanto na Química como na Física. A falta de evidências experimentais para sua existência tornava os átomos suspeitos, numa atmosfera impregnada pela crença na verdade dos fatos e pela desconfiança em relação a hipóteses teóricas. O atomismo, porém, se revelou um caminho frutífero na Química e na Física, e ao final do século XIX toda a comunidade científica rendia-se à hipótese atômica, já bem diferente da proposta originalmente por Dalton.

A ciência do século XX tornou a realidade atômica observável. Várias tecnologias foram desenvolvidas para possibilitar essa observação. Métodos como a difração de raios X permitem determinar a posição e a distância entre as partículas num arranjo cristalino.

Apenas na década de 1980 foi desenvolvida uma tecnologia que permite “ver” os átomos de um material. A microscopia de tunelamento fornece imagens de átomos isolados e planos inteiros de átomos na superfície de um material.

Existem ainda vários aparelhos, designados pelo nome genérico de espectrômetros, que dão acesso a diferentes níveis da realidade atômica. Essa realidade, no entanto, não se apresenta simples e precisa como os mecanicistas acreditavam. O átomo não é uma esfera, como pensavam, mas uma entidade que tem um padrão de comportamento difuso e gera muitas controvérsias sobre sua própria natureza.

Essas são algumas das razões pelas quais procuramos dar à noção de modelo um caráter limitado e bem definido.

Reprodução/Arquivo da editora

Figura 6.4
Em 1803, Dalton retomou a hipótese atômica.

SPL/Latinstock

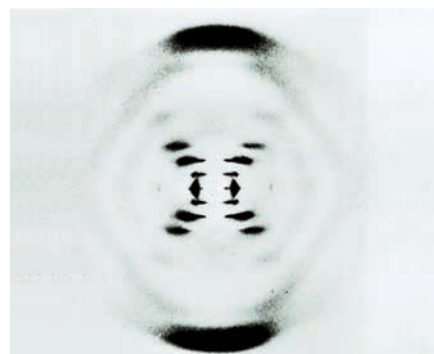



Figura 6.5
Com a difração de raios X, podem-se determinar a posição e a distância entre partículas num arranjo cristalino. Nesta imagem aparece a difração de raios X da molécula de DNA feita em 1953, a qual ajudou Watson e Crick a propor o primeiro modelo da estrutura do DNA.

Hopkinson, Lutz e Eigler/Galeria de Imagens STM

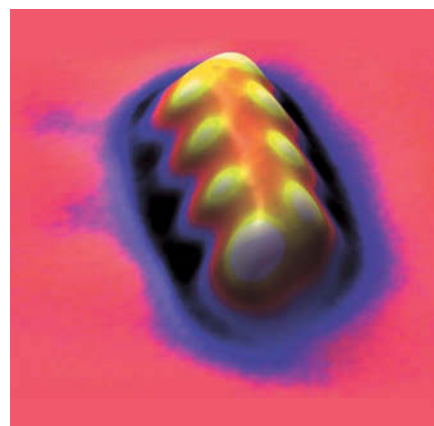



Figura 6.6
Imagem, obtida por um microscópio de tunelamento, de uma molécula composta por 8 átomos de Césio (Cs) e 8 átomos de Iodo (I), depositada sobre a rede cristalina do Cobre (Cu).

Tek Image/SPL/Latinstock

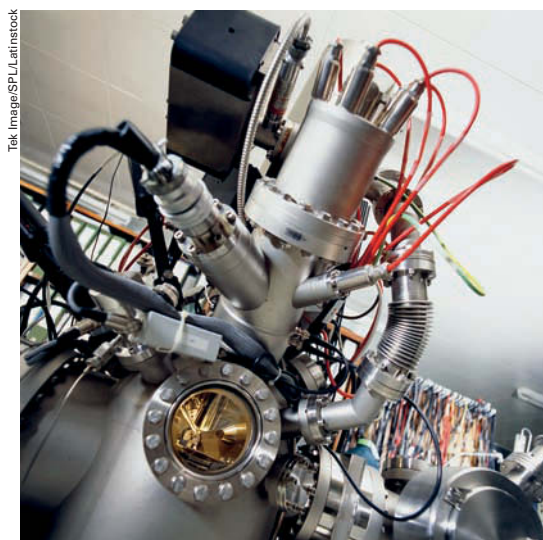



Figura 6.7
Os aparelhos chamados espectrômetros possibilitam acesso ao mundo dos átomos.

texto 2

A hipótese atômica de Dalton

Apic/Getty Images

Figura 6.8
Jöns Jacob Berzelius.

A hipótese atômica de Dalton foi retomada em 1803 para explicar o comportamento dos diversos gases da atmosfera e das misturas gasosas. Dalton era um atomista e acreditava que a matéria seria constituída por átomos indivisíveis e espaços vazios. E mais: os diferentes elementos químicos seriam constituídos por átomos diferentes e cada tipo de átomo seria caracterizado por um **peso atômico**. Essa ideia foi essencial para o desenvolvimento do atomismo, pois criou uma entidade a ser procurada pelos adeptos desse programa de pesquisa. Assim, quem acreditasse em átomos teria que procurar pelos seus pesos atômicos e foi o que fizeram muitos cientistas que na época aderiram ao atomismo, como Berzelius (1779-1848).

Dalton usou a hipótese atômica na explicação das leis ponderais da Química, então recentemente formuladas por Lavoisier (1743-1794) e Proust (1754-1826). Essas leis serão estudadas nos capítulos seguintes.

A hipótese atômica de Dalton foi alvo de muitas polêmicas, tendo adeptos fervorosos e opositores ferrenhos. Os cientistas que a aceitavam reconheciam seu valor para explicar um grande número de fatos e para raciocinar em termos de fórmulas e pesos das substâncias, algo reconhecido mesmo por alguns de seus opositores, que no entanto duvidavam da existência dos átomos. A oposição à hipótese atômica naquele período não estava relacionada apenas à interpretação dos fatos ou à ausência de evidências para a existência de átomos, mas envolvia aspectos ligados à natureza do conhecimento científico e aos métodos utilizados pelos cientistas da época. No decorrer daquele século, a Química foi adquirindo uma identidade que a distinguia de outros campos experimentais, em parte por influência da hipótese atômica de Dalton.

Principais ideias de Dalton sobre os átomos

- Os átomos são esféricos, maciços e indivisíveis.
- Átomos de um mesmo elemento químico (ainda que esta ideia não fosse formulada como tal) têm o mesmo peso atômico.
- Átomos combinam-se em proporções fixas e definidas, normalmente em números pequenos, por exemplo: 1:1; 2:1; 3:2, etc.

atividade 1

Evidências para a natureza elétrica na constituição dos materiais

Até agora, consideramos que a matéria é constituída por átomos que se movimentam no vazio. Consideramos também o átomo como uma partícula homogênea, sem nos preocuparmos em discutir se poderia, ele próprio, ser constituído por outras partículas. Esse modelo foi útil para explicar diversas propriedades de sólidos, líquidos e gases, como a compressão e a dilatação. Ele é insuficiente, no entanto, para explicar algumas propriedades dos materiais, como o fato de alguns deles conduzirem eletricidade.

Nesta atividade vamos estudar alguns outros fenômenos que evidenciam a natureza elétrica dos materiais e propor um modelo para a estrutura do átomo que explique esses fenômenos.

Fotos: Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 6.9
A condutividade elétrica dos materiais não pode ser explicada por nosso modelo de partículas.

Material

Folha de papel, régua de plástico, papel toalha, canudinho de refresco, suporte com garra, linha, pente e bastão de vidro.

Figura 6.10
Materiais necessários para a atividade.

O que fazer

A1 Peguem a folha de papel e recortem-na em pedaços bem pequenos. Aproximem a régua de plástico dos pedaços de papel, sem tocá-los. Observem e registrem o que ocorreu.

A2 Atritem a régua com o papel toalha e aproximem-no do papel picado, sem tocá-lo. Observem e registrem o que ocorreu.

A3 Amarrem o canudinho de refresco com a linha e prendam-no ao suporte com a garra, de modo que o canudinho possa girar livremente. Atritem o canudinho com o papel toalha. Atritem um bastão de vidro contra um pedaço de papel toalha e aproximem-no da extremidade do canudinho que foi atritada. Observem e registrem o que ocorreu.

A4 Repitam esse procedimento usando um pente que vocês tenham acabado de passar num cabelo limpo no lugar do bastão de vidro. Observem e registrem o que ocorreu.

6

Questões para discussão

Q1. Em quais experimentos vocês constataram que houve atração entre os materiais?

Q2. Em quais experimentos vocês constataram que houve repulsão entre os materiais?

Q3. Por que é necessário atritar o material (por exemplo, o pente com o cabelo ou o bastão de vidro com o papel toalha) para que esse fenômeno de repulsão e de atração apareça?

Q4. O que esses fenômenos sugerem em relação à constituição da matéria?

Q5. Considerando que os materiais sejam constituídos por dois tipos de partículas com cargas elétricas opostas – positiva e negativa –, desenhem como as cargas se distribuem:

a) no canudinho e no bastão de vidro antes de eles terem sido atritados com o papel toalha no experimento do item A3.

b) no canudinho e no bastão de vidro depois de terem sido atritados com o papel.

c) no canudinho e no pente no experimento do item A4, depois de terem sido atritados.

Q6. Proponham um modelo para o átomo que seja coerente com as observações e hipóteses discutidas nesta atividade.

texto 3

Cargas elétricas nos materiais

Na Atividade 1 vocês realizaram uma experiência de atritar objetos de materiais diferentes e observaram que, após o atrito, eles passam a atrair ou repelir uns aos outros. Esse comportamento é uma evidência importante para discutirmos a existência de cargas elétricas na matéria.

Ao atritar dois objetos de substâncias diferentes, inicialmente neutros, ou seja, com quantidade de elétrons igual à de prótons, haverá a transferência de cargas negativas, os elétrons, de um para o outro. Dessa forma, um cede elétrons, ficando eletrizado positivamente, e o outro recebe elétrons, ficando eletrizado negativamente.

A eletrização por atrito é mais intensa entre objetos feitos de materiais isolantes do que entre condutores. Nos materiais isolantes, as cargas elétricas em excesso permanecem na região atritada. Nos materiais condutores há a tendência de a carga se espalhar por todo o material e parte dela ser perdida para o ambiente.

Para saber o que se eletriza positivamente ou negativamente, normalmente se recorre a uma lista de materiais, conhecida como **série triboelétrica**, que dispõe os materiais na seguinte ordem: daqueles que durante a eletrização por atrito ficam positivos até os que ficam negativos. Isso significa que se atritarmos um material da parte superior da série, por exemplo a pele humana seca, com uma camisa de fibra sintética, a pele humana ficará eletrizada positivamente e a fibra sintética ficará eletrizada negativamente. Quanto mais distantes estiverem uns dos outros na lista, mais intenso será o efeito.

Veja a série triboelétrica ao lado.

Materiais
pele humana seca
couro
pele de coelho
vidro
cabelo humano
fibra sintética
lã
chumbo
pele de gato
seda
alumínio
papel
algodão
aço
madeira
âmbar
borracha dura
níquel e cobre
latão e prata
ouro e platina
poliéster
filme PVC
poliuretano
polietileno (fita adesiva)
polipropileno
vinil (PVC)
silicone
teflon

Quadro 6.1
Série triboelétrica.

Questão

Q7. Usando a série triboelétrica do Texto 3, relacione, aos pares, todos os materiais que foram atritados na Atividade 1 e diga qual é a carga elétrica em cada um.

A eletrização em nosso dia a dia

Num dia seco, seu corpo pode ficar eletrizado e você tomar um pequeno "choque" elétrico ao tocar alguns objetos se estiver usando roupas de poliéster. Isso ocorre por causa do atrito das roupas de poliéster com a pele seca. Nesse caso, as roupas adquirem carga negativa (−) e a pele, carga positiva (+).

Se sua pele é muito seca, é aconselhável que você não use roupas de poliéster, mas de algodão. O algodão, por estar na região central da série triboelétrica, é um material que não conseguirá arrancar elétrons de sua pele. Pessoas de pele úmida raramente tomam "choques" ao tocarem objetos.

Fenômeno semelhante ocorre com nosso cabelo quando está seco e é atritado com pentes feitos de plástico duro. Nesse caso, o cabelo adquire carga elétrica positiva (1). Como cargas de mesmo sinal se repelem, os fios de cabelo secos, todos positivos, repelem-se e o cabelo fica todo eriçado.

Já o pente fica com excesso de cargas negativas e, assim, atrairá objetos com carga elétrica positiva, como o cabelo. Também atrairá materiais sem carga elétrica alguma, como pequenos pedaços de papel.

texto 4

Evidências para um novo modelo atômico

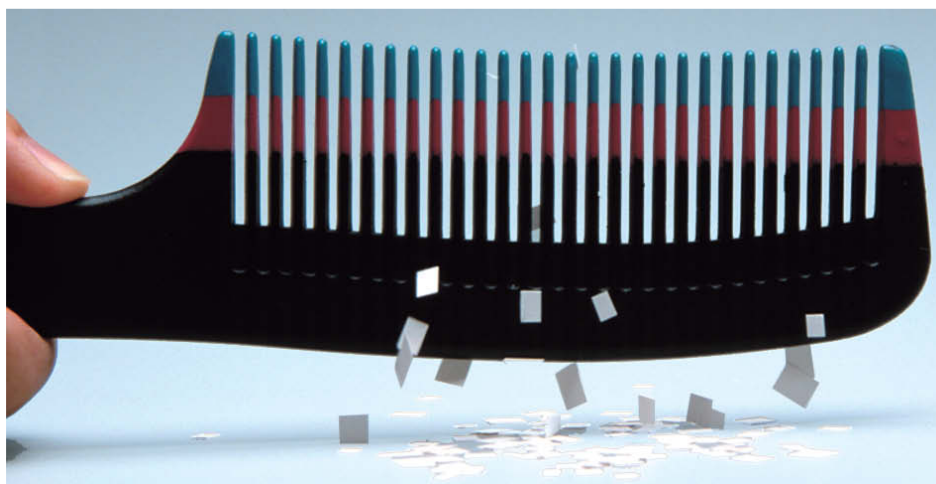
Na Atividade 1, foram realizados experimentos que evidenciaram a natureza elétrica da matéria. Isso permite a construção de um modelo para o átomo como uma partícula constituída por cargas positivas e negativas.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 6.11
Vocês observaram na Atividade 1 que o material do pente atraiu os pedaços de papel.

Ao longo do século XIX, vários cientistas começaram a investigar fenômenos relacionados à eletricidade e à emissão de luz pela matéria em determinadas condições. O fascínio que fenômenos elétricos e luminosos exerciam sobre os cientistas na época era enorme.

No final do século XIX, mais precisamente entre 1895 e 1900, várias descobertas relacionadas ao estudo desses fenômenos ajudaram a desvendar a estrutura do átomo. Na época, a Química já havia desenvolvido conhecimentos sobre a estrutura molecular da matéria com base na hipótese atômica. O interesse pela luz e pela eletricidade levaria os físicos da época à comprovação da existência do átomo, que até então era apenas uma ideia sem consenso, mesmo no âmbito da Química.

O interesse por descargas elétricas em tubos com ar à baixa pressão remonta aos experimentos de Faraday (1791-1867), em 1833. Essas descargas foram chamadas por E. Goldstein (1850-1930), em 1876, de raios catódicos. Assim, os tubos de raios catódicos, também conhecidos como ampolas de Crookes, começaram a fazer parte da paisagem dos laboratórios científicos da época.

DK Limited/Corbis/Latinstock

Figura 6.12
A ampola de Crookes.

Esses raios eram produzidos no catodo de um tubo com ar à baixa pressão, atingiam a parede do tubo no lado oposto, produzindo incandescência, viajavam em linha reta e eram desviados por um ímã. Conhecer essas características não impediu a grande polêmica sobre a natureza dos raios catódicos: seriam ondas ou partículas? Em 1895, Jean Perrin (1870-1942) demonstrou que esses raios eram partículas com carga elétrica negativa. Em 1897, J. J. Thomson (1856-1940) comprovou a natureza corpuscular dos raios catódicos, isto é, o fato de serem partículas. Ele mediu não só a velocidade das partículas, mas também a relação entre sua carga e sua massa. Ao mesmo tempo, demonstrou que essas partículas eram as mesmas, qualquer que fosse a composição do catodo, do anticatodo ou dos gases que estivessem dentro do tubo. Isso mostrava que os raios catódicos eram, na verdade, um componente universal de toda a matéria. O nome **elétron**, que havia sido sugerido por G. J. Stoney (1826-1911) em 1894 para designar os raios catódicos, acabou por ser adotado.

A descoberta dos raios X

Na noite de 8 de novembro de 1895, Wilhelm C. Röntgen (1845-1923) estava trabalhando com uma válvula de Hittorf que tinha coberto totalmente com uma cartolina negra. A sala estava inteiramente às escuras. A certa distância da válvula havia uma folha de papel, usada como tela, tratada com platinocianeto de bário. Para seu espanto, Röntgen viu-a brilhar, emitindo luz. Alguma coisa devia ter atingido a tela para que ela reagisse dessa forma. A válvula de Röntgen, entretanto, estava coberta por uma cartolina negra e nenhuma luz ou nenhum raio catódico poderia ter escapado dali. Surpreso e perplexo com o fenômeno, Röntgen decidiu pesquisá-lo mais a fundo. Virou a tela, de modo que o lado sem platinocianeto de bário ficasse voltado para a válvula; mesmo assim, a tela continuava a brilhar. Ele então afastou a tela para mais longe da válvula e o brilho persistiu. Depois, colocou diversos objetos entre a válvula e a tela e todos pareceram transparentes. Quando sua mão escorregou em frente à válvula, ele viu os ossos na tela. Descobrira "um novo tipo de raio", conforme ele mesmo explicou em sua primeira publicação sobre o assunto.

SEGRÈ, E. *Dos raios X aos* quarks. Brasília: Editora da UnB, 1980. p. 20-1.

SPL/Latinstock

Figura 6.13
Imagem da mão da esposa de Röntgen, feita por ele logo após sua descoberta dos raios X, em 1895.

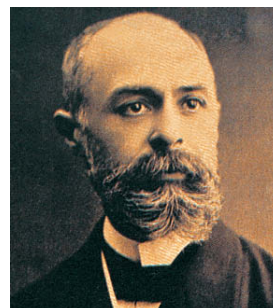
A descoberta dos raios X despertou grande interesse na época e logo chegou ao conhecimento de Henri Becquerel (1852-1908), físico francês da terceira geração de uma família de cientistas. O interesse pela luz e pelos fenômenos de fosforescência e fluorescência estava arraigado na família Becquerel. Ao ouvir falar da descoberta dos raios X, ele imaginou que todos esses fenômenos poderiam estar relacionados entre si. No início de 1896, Becquerel retomou suas experiências usando um sal de urânio – que, como muitas substâncias radioativas, é fosforescente – que já havia estudado com o pai. Em 24 de fevereiro, ele relatou os resultados à Academia Francesa de Ciências.

Reprodução/Arquivo da editora

Figura 6.14
Becquerel contribuiu de forma importante para a descoberta da radioatividade, mostrando que a atividade radioativa do urânio penetra papéis opacos à luz para deixar sua imagem numa chapa fotográfica.

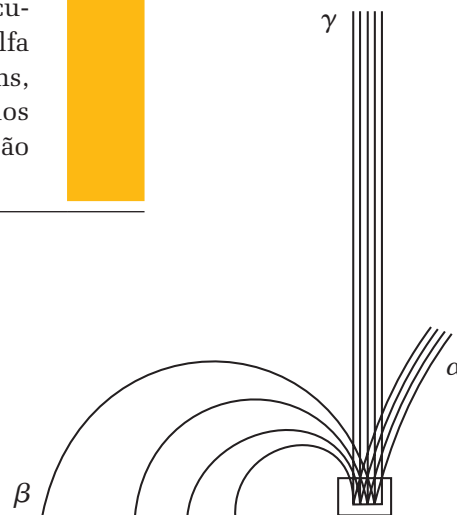
A descoberta da radioatividade

Cobri uma [...] chapa fotográfica [...] com duas folhas de papel negro grosso, tão grosso que a chapa não ficou manchada ao ser exposta ao Sol durante um dia inteiro. Coloquei sobre o papel uma camada da substância fosforescente e expus tudo ao Sol por várias horas. Quando revelei a chapa fotográfica, percebi a silhueta da substância fosforescente em negro sobre o negativo [...] A mesma experiência pode ser feita com uma lâmina de vidro fina colocada entre a substância fosforescente e o papel, o que exclui a possibilidade de uma ação química resultante de vapores que poderiam emanar da substância quando aquecida pelos raios solares. Portanto podemos concluir dessas experiências que a substância fosforescente em questão emite radiações que penetram no papel que é opaco à luz [...].

BECQUEREL, H. Comptes rendus de l'Académie des Sciences, Paris, 122, 420, 1896.
In: SEGRÈ, E. *Dos raios X aos* quarks. Brasília: Editora da UnB, 1980. p. 29.

Ao repetir as experiências anteriores, Becquerel deparou com um problema que lhe revelaria algo ainda mais interessante. Como o Sol não apareceu em Paris por alguns dias, ele colocou as amostras de urânio sobre as chapas fotográficas envoltas em papel opaco à luz, dentro de uma gaveta escura. Quando revelou as chapas fotográficas, no lugar de imagens muito deficientes, como esperava, encontrou silhuetas muito nítidas do sal de urânio. Imediatamente, deu-se conta de que havia descoberto algo muito importante: o sal de urânio emitia raios capazes de penetrar no papel negro, tivesse ou não sido exposto previamente à luz do sol. Estava descoberta a radioatividade. Ao contrário dos raios X, os "raios de Becquerel" não causaram grande furor na época. O desenvolvimento das pesquisas em radioatividade, por Marie (1867-1934) e Pierre Curie (1859-1906) e por Rutherford (1871-1937) e Soddy (1877-1956), acabaram, no entanto, levando à descoberta de que os átomos radioativos eram instáveis e se desintegravam emitindo radiações que foram nomeadas por Rutherford como alfa, beta e gama. Essas emissões se revelariam uma poderosa "sonda" para o estudo da estrutura do átomo.

Os três tipos de raios – alfa, beta e gama – distinguem-se por suas trajetórias em um campo magnético perpendicular à direção do movimento das partículas. Os raios alfa são carregados positivamente. Os raios beta são elétrons, muito mais leves e carregados negativamente. Os raios gama são análogos aos raios X. Como são neutros, não são desviados pelo campo magnético.

Figura 6.15
Comportamento dos raios alfa (α), beta (β) e gama (γ) num campo magnético.

O casal Curie e a descoberta do polônio e do rádio

Marie Curie, nome que passou a adotar depois de desposar o físico francês Pierre Curie, era polonesa, de nome de solteira Maria Sklodowska. Na impossibilidade de frequentar a Universidade de Varsóvia, por ser mulher, ela mudou-se para Paris em 1891, onde começou a estudar Ciências Físicas na Universidade de Sorbonne. Ela licenciou-se em 1893 em Ciências Físicas e um ano mais tarde em Matemática. Em 1895, casou-se com Pierre Curie. Nesse mesmo ano Pierre tornou-se doutor em Ciências Físicas, defendendo tese sobre as propriedades magnéticas de corpos a diferentes temperaturas, pressões e intensidade de campos magnéticos. Em setembro de 1897 nasceu Irene, a primeira filha do casal e em dezembro desse mesmo ano Marie começou a trabalhar na sua tese sobre os "raios de Becquerel". Em 1898, Pierre abandonou seu trabalho pessoal com cristais para ajudar sua mulher. Durante dois anos o casal foi trabalhar em um hangar abandonado da Escola de Física e Química, processando toneladas de pechblenda para obter o material radioativo que procurava. Apesar das condições de trabalho adversas, o casal trabalhou com afinco no projeto:

"Nós estávamos, nesta época, inteiramente absorvidos pelo novo domínio que tínhamos pela frente, graças a uma descoberta um tanto inesperada. Nos sentíamos muito felizes, apesar de nossas condições de trabalho. Nosso dia se esvaía no laboratório, e muitas vezes acontecia de almoçarmos ali mesmo. No nosso hangar tão pobre reinava uma grande tranquilidade [...] Nós vivíamos com uma preocupação única, como num sonho." (CURIE, Marie, 1923).

Em 18 de julho de 1898, Pierre e Marie anunciaram a descoberta de um novo elemento radioativo, o polônio. Em 26 de dezembro, em colaboração com Gustave Bémont (1857-1932), eles anunciaram a descoberta de outro elemento radioativo, o rádio. Em 25 de junho de 1903, Marie defendeu sua tese sobre as pesquisas realizadas com substâncias radioativas diferentes do urânio e do tório. Em 10 de dezembro desse mesmo ano, Pierre e Marie Curie, associados a Henri Becquerel, receberam o prêmio Nobel de Física pela descoberta da radioatividade natural. Ela se tornou a primeira mulher a receber tal honraria.

Em outubro de 1904 Pierre Curie foi nomeado professor de Física da Sorbonne e em dezembro desse mesmo ano nasceu a segunda filha do casal, Eva. Em 1906, Pierre Curie morreu atropelado por uma carruagem. Nesse mesmo ano Marie Curie tornou-se a primeira mulher a ensinar na Sorbonne. Em 1911 ela recebeu seu segundo prêmio Nobel, agora de Química, por haver isolado o rádio metálico e determinado sua massa atômica.

De 1914 a 1918, Marie Curie, com sua filha Irene, se encarregou de equipar viaturas radiológicas, chamadas de "as pequenas Curies", e de formar seu pessoal para atuar no *front* da Primeira Guerra Mundial. Ela se envolveu por completo com o esforço de guerra de sua pátria de adoção, ajudando em diversas frentes e equipando mais de duzentas salas de radiologia, nas quais foram atendidos mais de um milhão de feridos.

Depois da guerra, ela finalmente pôde assumir o posto de Diretora do Laboratório de Física e Química do Instituto do Rádio, posto para o qual havia sido nomeada em 1914 e do qual manteve-se à frente até sua morte, em 1934. Durante esses anos ela percor.reu vários países do mundo, inclusive o Brasil, que visitou em 1928. Sua morte foi causada por leucemia, contraída nos heroicos anos de pesquisa com as substâncias radioativas.

Edgar Fahs Smith Collection/University of Pensylvania Library

Figura 6.16
Litografia de uma caricatura do casal Marie e Pierre Curie, que desenvolveu pesquisas sobre a radioatividade.

texto 5

O modelo atômico de Thomson

Depois da descoberta dos elétrons, como partícula universal pertencente a todos os átomos, e da descoberta da radioatividade, a ideia de Dalton de que o átomo seria indivisível caiu por terra. Um dos primeiros a pensar num átomo constituído por elétrons e cargas positivas foi Lord Kelvin (1824-1907). Em 1903, J. J. Thomson recuperou o modelo proposto por Lord Kelvin, em que as partículas com carga negativa, denominadas elétrons, se encontravam incrustadas numa esfera de carga positiva.

Figura 6.17
Lord Kelvin.

Thomson propôs, como imagem para seu modelo, um pudim de passas, sobremesa típica do Natal inglês, à época. Preferimos aqui utilizar a imagem do panetone. Nessa analogia, a massa do panetone corresponderia àquilo que Thomson descreveu como a esfera contendo a carga positiva uniformemente distribuída. As passas seriam os elétrons incrustados nessa esfera.

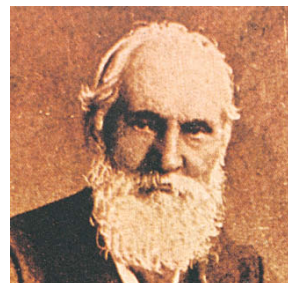



Figura 6.18
Na analogia ao modelo de Thomson, a massa do panetone corresponderia à esfera com carga positiva uniformemente distribuída, enquanto as passas seriam os elétrons.

Principais características do modelo de Thomson

- Os átomos são esféricos e o volume total do átomo é igual ao volume da esfera.
- A carga positiva está uniformemente distribuída na esfera.
- Os elétrons se movem nessa esfera sob o efeito de forças eletrostáticas.

EXERCÍCIOS

Não escreva no livro.

E1. A ideia de átomo remonta à Grécia antiga. Duas linhas diferentes de pensamento existiam. Uma delas associada ao filósofo Aristóteles, e outra associada aos filósofos Leucipo, Demócrito e Epicuro. Explicite essas duas linhas de pensamento.

E2. Descreva o modelo atômico proposto por Thomson.

E3. Qual a diferença entre raios X e radioatividade?

E4. Como foram descobertos os raios X?

E5. Explique como foi descoberta a radioatividade.

E6. O que são partículas alfa?

E7. Em 1987, catadores encontraram, na cidade de Goiânia, uma cápsula dentro de um cilindro de metal de um aparelho hospitalar usado em tratamentos de radioterapia. Desconhecendo o sinal que indicava a presença de material radioativo, eles abriram o cilindro e a cápsula. O dono do ferro-velho que comprou as peças, fascinado pela fosforescência do material encontrado – césio 137 –, espalhou esse material entre vizinhos e amigos, provocando um desastre radioativo de graves consequências. Com base nas informações do Texto 4 e em outras informações que você deverá pesquisar, responda:

a) Que sinal indica presença de material radioativo?

b) Se você encontrasse esse sinal em um dispositivo qualquer abandonado num ferro-velho, que providências deveria tomar?

c) Supondo que você encontrasse um material sem nenhuma indicação de que fosse radioativo, que características desse material evidenciariam a sua radioatividade? Que providências você deveria tomar nesse caso?

texto 6

6

Um modelo para a estrutura do átomo: o modelo de Rutherford

A partir de 1909, Geiger (1882-1945) e Marsden (1889-1970), dois estudantes que trabalhavam sob a orientação de Rutherford, começaram a realizar experimentos em que um feixe de partículas alfa, com massa relativamente grande e com carga positiva, interagia com uma lâmina muito fina de metal – geralmente ouro. A trajetória das partículas, depois da interação com o metal, era observada por meio da cintilação produzida pela partícula alfa num anteparo fluorescente de sulfeto de zinco.

Prof. Peter Fowler/SPL/Latinstock

Figura 6.19
Geiger e Rutherford, trabalhando com os instrumentos para detecção e contagem das partículas alfa (α), em seu laboratório na Universidade de Manchester, em 1908.

O modelo atômico aceito na época era o de Thomson, em que as partículas com carga negativa, denominadas elétrons, se encontravam incrustadas numa esfera de carga positiva, como passas num panetone. Nesse modelo a carga positiva encontrava-se uniformemente distribuída pela esfera.

Com base nos conhecimentos já disponíveis sobre a força de interação coulombiana (força elétrica) que ocorre entre partículas carregadas, era possível calcular sob quais ângulos as partículas alfa seriam desviadas ao atravessar a folha de ouro, de acordo com o previsto pelo modelo de Thomson.

Figura 6.20
Representação do átomo de hélio segundo o modelo de Thomson.

A força coulombiana expressa a interação que ocorre entre partículas carregadas. É diretamente proporcional às cargas das partículas que interagem (q_1 e q_2) e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas (r^2), e seu módulo pode ser expresso pela relação:

$$F = k\frac{q^1 \cdot q^2}{r^2}\text{, em que } k = 9 \cdot 10^9\ \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$$

Para cargas de sinais opostos, essa força é atrativa; para cargas de mesmo sinal, é repulsiva. O fato de ser inversamente proporcional ao quadrado da distância entre as partículas indica que a repulsão ou a atração serão tanto mais fortes quanto mais próximas estiverem as partículas.

No modelo de Thomson, a carga positiva estava uniformemente distribuída pelo átomo. Uma das consequências desse modelo era que a interação coulombiana entre as partículas alfa e o átomo não seria muito forte; afinal, estando a carga positiva distribuída por todo o átomo, seu valor, em qualquer região do átomo com a qual a partícula alfa interagisse, era muito pequeno. O fato de a interação ser fraca significava que as partículas alfa não sofreriam desvios significativos ou seriam desviadas em ângulos muito pequenos.

Geiger e Marsden haviam calculado teoricamente esses ângulos e encontrado o valor máximo de 0,01° (grau). Presumia-se que uma lâmina muito fina de ouro fosse constituída de aproximadamente trezentos planos atômicos, ou seja, planos de átomos enfileirados. Se a partícula alfa interagisse efetivamente com um átomo em cada plano e essas interações fossem todas no sentido de desviar a partícula numa única direção, seria obtido o ângulo máximo de 3° para o desvio de uma partícula.

Surpreendentemente, o resultado observado, como consequência da interação com as lâminas de ouro, indicava que pelo menos uma porcentagem muito pequena de partículas alfa sofria desvios sob ângulos muito grandes, algumas chegando até a voltar.

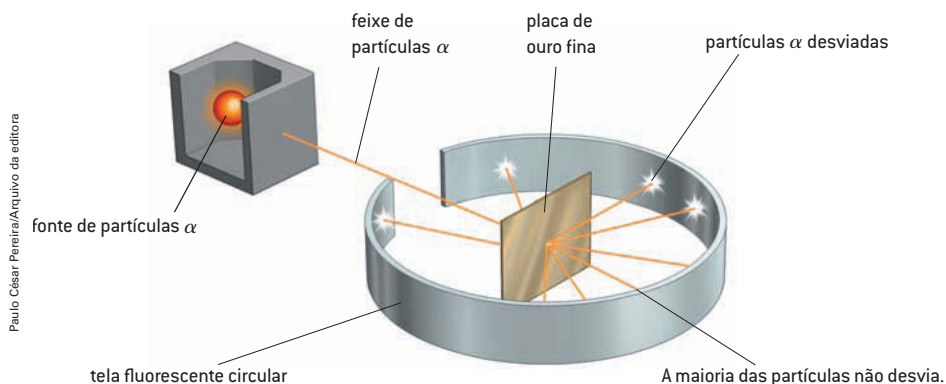



Figura 6.21
O esquema da experiência de Geiger e Marsden. Um feixe de partículas alfa atinge a folha de ouro, sendo detectado o desvio de sua trajetória no anteparo fluorescente.

No esquema representado na figura 6.21, podemos identificar uma fonte de radiação que emite partículas alfa. O feixe de partículas é dirigido a uma lâmina de ouro muito fina. O ouro, bastante maleável, pode ser transformado numa lâmina de espessura muito pequena. Era possível contar o número de partículas que exibiam cada tipo de comportamento depois de atravessar a lâmina de ouro, pois o aparato estava envolto por um anteparo constituído por um papel banhado em solução de sulfeto de zinco, que cintila ao ser atingido por uma partícula alfa. Os pesquisadores procuraram detectar as partículas alfa que atravessavam a lâmina, confirmando que a maioria das partículas alfa detectadas atravessava a lâmina sem sofrer desvios significativos.

Como já dissemos, porém, os pesquisadores começaram a perceber que um número muito pequeno de partículas sofria desvios significativos, e algumas eram totalmente refletidas.

Para explicar esse resultado inesperado, Rutherford idealizou um modelo para o átomo, análogo ao modelo do sistema planetário. Nele, o átomo é constituído por duas regiões diferentes: núcleo e eletrosfera.

No núcleo estariam concentradas praticamente toda a massa e a carga positiva do átomo, o que explicaria o fato de algumas partículas alfa – também com carga positiva – serem refletidas; afinal, só as partículas que interagissem diretamente com o núcleo sofreriam repulsão.

Rutherford suspeitou da existência dos nêutrons muito antes de eles serem detectados experimentalmente. Ele imaginou que deveria haver uma outra partícula com a mesma massa do próton, porém sem carga elétrica. Rutherford foi levado a essa conclusão porque o resultado da soma das massas dos prótons era muito menor do que a massa total do átomo.

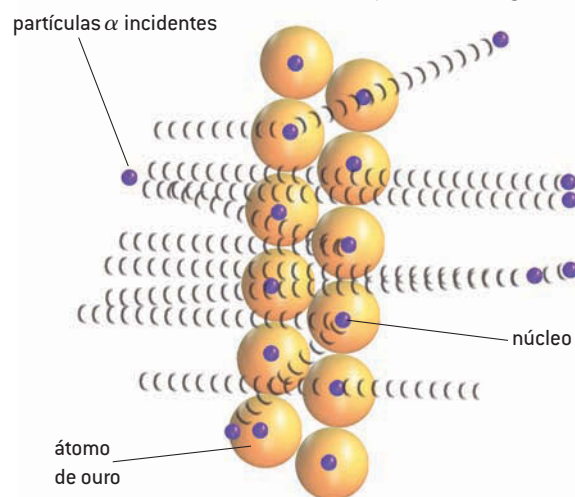



Figura 6.22
Ilustração do modelo atômico que explica os resultados da experiência de Geiger e Marsden.

6

A contagem das partículas permitiu observar que o número das partículas que sofriam grandes desvios ao interagir com a lâmina de ouro era muito pequeno. Cálculos teóricos permitiram estabelecer a relação entre o número de partículas refletidas e o número total emitido, chegando-se à conclusão de que o volume do núcleo era **muito menor** que o volume total do átomo.

Para que possamos imaginar a diferença de tamanho entre o núcleo atômico e o átomo, fazemos a seguinte comparação: o núcleo atômico, quando comparado ao átomo, é como uma pulga no centro de um estádio de futebol, como o Maracanã.

Nilo Lima/Opção Brasil Imagens

Figura 6.23
Estádio do Maracanã, no Rio de Janeiro, 2007.

Essa comparação deve ser levada em conta para que possamos interpretar corretamente as representações normalmente feitas do átomo. Isso significa compreender que, dada a impossibilidade prática de representar os constituintes do átomo nas escalas corretas, o núcleo é sempre superdimensionado.

No modelo proposto por Rutherford, os elétrons eram representados descrevendo órbitas circulares em torno do núcleo, de forma análoga aos planetas em órbita do Sol.

Figura 6.24
Representação do átomo de hidrogênio, de acordo com o modelo de Rutherford.

Já tivemos a oportunidade de usar o conceito de átomo para explicar algumas propriedades dos materiais. No primeiro modelo que construímos – o modelo das partículas –, caracterizamos o átomo como um tipo de partícula em movimento no espaço vazio. Esse modelo mais simples do átomo é suficiente para explicar algumas propriedades, como a compressibilidade e a difusão dos gases. Para explicarmos outras propriedades dos materiais, como a condutividade elétrica, temos, porém, que lançar mão de um outro modelo – o de Rutherford –, que admite a existência de partículas menores que constituem o átomo e de duas regiões distintas no átomo: a eletrosfera, região mais externa do átomo, onde ficam os elétrons, e o núcleo, região central onde ficam os prótons, as partículas com cargas positivas. Isso significa admitir que o átomo não é indivisível – como a palavra de origem grega indica –, mas que apresenta outras partículas na sua estrutura.

Hoje se sabe que existe uma grande variedade de partículas que podem ser encontradas em diferentes regiões de um átomo, mas para o estudo da Química, num nível elementar, podemos nos restringir a três delas:

- os **elétrons**, presentes na eletrosfera, são partículas de carga negativa e massa muito pequena em relação às outras partículas;
- os **prótons**, presentes no núcleo atômico, são partículas de carga positiva e massa muito maior que a dos elétrons;
- os **nêutrons**, também presentes no núcleo atômico, são partículas sem carga elétrica e massa equivalente à dos prótons.

As propostas para a existência dessas partículas foram sendo elaboradas na tentativa de explicar resultados de experimentos feitos ao longo do século XIX e início do século XX. Em 1911, já se conhecia a existência de elétrons e prótons, mas não se tinha uma ideia precisa sobre como essas partículas se distribuíam no átomo. Como resultado dos experimentos realizados desde 1909 por Geiger e Marsden, sob a sua supervisão, Rutherford foi capaz de elaborar esse novo modelo para o átomo, introduzindo ideias que seriam preservadas em modelos posteriores – a existência do núcleo atômico e da eletrosfera.

Principais características do modelo de Rutherford

- Os átomos são constituídos por um núcleo, de carga positiva, e pela eletrosfera, de carga negativa.
- O volume do núcleo atômico é da ordem de 10 mil vezes menor que o volume do átomo.
- Praticamente toda a massa de um átomo situa-se no seu núcleo.
- Os elétrons, de massa muito menor que a massa do núcleo, são os constituintes da eletrofera.

Questões

Q8. Qual seria o resultado previsto para a experiência de Geiger e Marsden se o modelo de Thomson estivesse correto?

Q9. Que resultado obtido na experiência era inesperado?

Q10. Como Rutherford interpretou esse resultado inesperado?

Q11. Quais são as diferentes regiões do átomo segundo o modelo de Rutherford e que partículas constituem cada uma dessas regiões?

Q12. A realização da experiência de Geiger e Marsden exigia um esforço enorme dos pesquisadores. Eles tinham que se habituar à escuridão do ambiente onde estava o aparato experimental para poderem enxergar a cintilação produzida pelas partículas alfa ao se chocar contra o anteparo de sulfeto de zinco. Os pesquisadores deveriam ajustar o aparelho para observar as cintilações para cada ângulo para o qual as partículas alfa eram desviadas pela lâmina de ouro e contar cada cintilação produzida manualmente. Os esforços desses pesquisadores resultaram no desenvolvimento de métodos mais modernos de contagem de partículas radioativas, que culminaram no desenvolvimento do contador Geiger, que recebeu esse nome em homenagem ao aluno de Rutherford.

Faça uma pesquisa sobre o contador Geiger e tente obter um esquema que explique seu funcionamento.

texto 7

Elementos químicos e a tabela periódica

A ideia de que as substâncias são constituídas por uns poucos elementos é muito antiga. Aristóteles, por exemplo, falava na existência de quatro elementos: água, ar, terra e fogo. Os elementos aristotélicos não tinham o mesmo sentido de hoje.

Bettmann/Corbis/Latinstock

Figura 6.25
Gravura em cobre do século XVII com os símbolos dos quatro elementos: terra, água, ar e fogo.

A ideia de elemento foi sendo alterada com o tempo. Lavoisier, por exemplo, definia substância elementar como aquela que não podia ser decomposta por meio dos processos químicos conhecidos na época. Alguns dos "elementos" no sistema de Lavoisier, como a soda cáustica, foram decompostos posteriormente, quando os químicos começaram a usar a eletrólise. O mesmo critério usado por Lavoisier foi adotado durante todo o século XIX, apesar de não permitir afirmar com segurança que substâncias eram realmente elementares. O desenvolvimento de técnicas de decomposição das substâncias possibilitou que algumas delas, anteriormente consideradas elementares, viessem a ser decompostas.

Só após a descoberta dos prótons foi possível formular um novo critério para a identificação de elementos químicos, que os relacionava a um modelo do átomo. Segundo esse novo critério, átomos de um mesmo elemento químico possuem o mesmo número de prótons no seu núcleo. Esse número passou a ser designado como **número atômico**, uma vez que é usado para identificar os elementos químicos. Como o núcleo é constituído por prótons e nêutrons, é possível haver diferentes átomos classificados como um mesmo elemento químico. A diferença estaria no número de nêutrons. Esses diferentes tipos de átomos de um mesmo elemento químico são conhecidos como **isótopos**. No quadro 6.2, citamos alguns exemplos de isótopos.

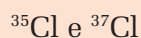
Elemento químico	Isótopos	Número de prótons	Número de nêutrons
hidrogênio	hidrogênio comum	1	0
	deutério	1	1
	trítio	1	2
cloro	cloro 35	17	18
	cloro 37	17	20

Quadro 6.2
Alguns isótopos.

O número de massa (A) de um isótopo qualquer é dado pela soma do número de prótons (igual ao número atômico, Z) com o número de nêutrons (N). Essa relação pode ser expressa pela fórmula:

$$A = Z + N$$

Como a maioria dos elementos químicos ocorre sob a forma de mais de um isótopo, o cálculo da massa atômica do elemento deve levar em consideração a abundância de cada isótopo, pois cada um tem massa diferente. Isso explica por que as massas atômicas relacionadas na tabela periódica não são números inteiros.

Tomando como exemplo o cloro, existem dois isótopos. Se somarmos $Z + N$ para cada isótopo, poderemos verificar que são isótopos de números de massa 35 e 37. Normalmente, esses isótopos são indicados pela notação:

$$^{35}Cl \text{ e } ^{37}Cl$$

Sabe-se que 75,8% do cloro existente na natureza ocorre sob a forma de ^{35}Cl e 24,2% sob a forma de ^{37}Cl. Para calcular a massa atômica do cloro, multiplica-se a massa de cada isótopo pela sua abundância, soma-se e divide-se por 100. Essa operação é chamada de **média ponderada**. No caso do cloro, tem-se:

$$\frac{(35 \cdot 75{,}8) + (37 \cdot 24{,}2)}{100} = 35{,}48 \text{ u}$$

em que **u** é a unidade de massa atômica, estabelecida atribuindo-se ao isótopo ^{12}C a massa 12. Dessa forma, todas as massas são obtidas pela comparação com esse padrão.

SPL/Latinstock

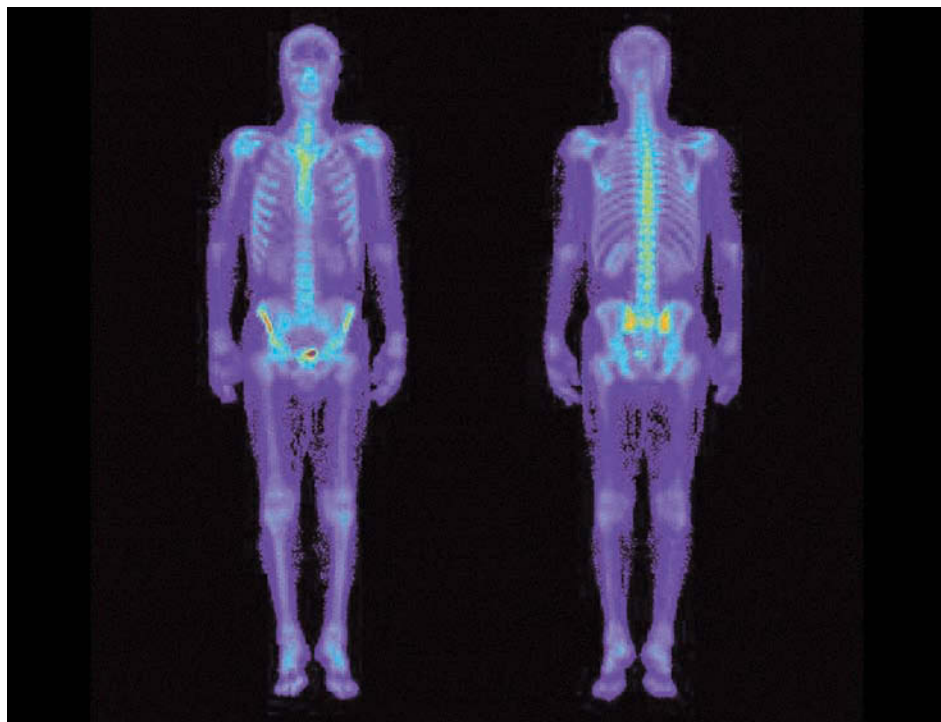



Figura 6.26
Uso de isótopos radioativos na medicina para a criação de contraste em imagens médicas. Na imagem, os isótopos radioativos se acumulam nos ossos da pessoa, sendo feita uma imagem da radiação gama emitida, permitindo a detecção de possíveis tumores.

A diferença entre o valor calculado e o valor constante da tabela periódica deve-se ao fato de que a massa atômica de cada isótopo não é exatamente igual ao número de massa. Nos dados de massa atômica apresentados em tabelas periódicas, essas diferenças são levadas em consideração.

Atualmente, são conhecidos mais de cem elementos químicos, mas nem todos são naturais. A partir de 1940, começaram a ser obtidos, artificialmente, elementos com números atômicos maiores que 92 – os elementos transurânicos. O plutônio e o netúnio foram encontrados na natureza, em quantidades muito pequenas.

Apesar do número relativamente grande de elementos, muitos deles apresentam propriedades semelhantes. Durante o século XIX, ocorreram várias tentativas de agrupar os elementos de acordo com essas propriedades em comum. A questão-chave para essa organização era o critério a ser utilizado.

Figura 6.27 a) Em 1829, Johann W. Döbereiner (1780-1849) observou que certos elementos químicos podiam ser agrupados, sempre em grupos de três, por possuírem propriedades semelhantes – as Tríades de Döbereiner. Ele identificou, por exemplo, que o cloro, o bromo e o iodo apresentavam comportamentos químicos comparáveis (atualmente, são elementos da família dos halogênios). Outras tríades seriam formadas pelo enxofre, selênio e telúrio (calcogênios) e pelo cálcio, estrôncio e bário (metais alcalinoterrosos).

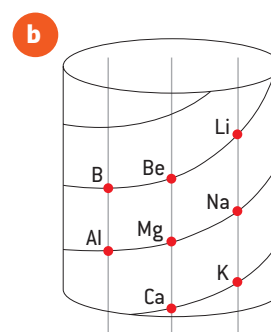



Figura 6.27 b) Em 1863, Alexandre de Chancourtois (1820-1886), cientista francês, classificou os elementos então conhecidos numa ordem hierárquica crescente de seus pesos atômicos. Classificação conhecida como Parafuso Telúrico.

c

Newlands (1863)

H						
Li	Be	B	C	N	O	F
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
K	Ca	Cr	Ti	Mn	Fe	(Co, Ni)
Cu	Zn	Y	In	As	Se	Br
Rb	Sr	(La, Ce)	Zr	(Nb, Mo)	(Ru, Rh)	Pd
Ag	Cd	U	Sn	Sb	Te	I
Cs	(Ba, V)					

Figura 6.27 c) Também em 1863, Alexander Reina Newlands (1838-1898), químico inglês, usando uma ordem crescente de pesos atômicos, organizou grupos de sete elementos, ressaltando que as propriedades eram repetidas no oitavo elemento, daí ser sua periodicidade chamada de "Lei das Oitavas". Newlands associou a "Lei das Oitavas" à sequência das notas musicais.

Uma forma de organizar os elementos é a **tabela periódica**, que tem sua origem na proposta feita por Mendeleev (1834-1907), em meados do século XIX. Eram conhecidos aproximadamente 60 elementos naquela época. Mendeleev tinha um grande conhecimento das propriedades físicas e químicas desses elementos e organizou a tabela colocando-os em ordem crescente de seus pesos atômicos. Agrupou os elementos que tinham propriedades semelhantes, uns debaixo dos outros. Por isso, a tabela ficou conhecida como tabela periódica, uma

Figura 6.28
Mendeleev organizou os elementos no arranjo que hoje conhecemos como tabela periódica.

vez que as propriedades se repetiam periodicamente. O número de elementos conhecidos não era suficiente para que Mendeleev preenchesse todos os espaços da tabela, obrigando-o a deixar alguns deles em branco. Da forma como estava organizado, o quadro de Mendeleev permitiu prever as propriedades dos elementos ainda não conhecidos e forneceu um verdadeiro "mapa da mina" para suas descobertas.

No quadro 6.3 apresentamos a comparação entre as propriedades previstas por Mendeleev para o elemento químico germânio (chamado por ele de ekasilício, por estar na mesma coluna do silício) e aquelas que foram encontradas depois que o elemento foi descoberto.

Propriedade	**Previsão de Mendeleev** (1871)	**Observado depois da descoberta** (1886)
massa atômica	72	72,60
densidade ($g \cdot mL^{-1}$)	5,5	5,47
volume molar (mL)	13	13,2
calor específico ($cal \cdot g^{-1} \cdot °C^{-1}$)	0,073	0,076
fórmula do óxido	EsO_2	GeO_2
densidade do óxido ($g \cdot mL^{-1}$)	4,7	4,703
volume molar do óxido (mL)	22	22,16
fórmula do cloreto	$EsCl_4$	$GeCl_4$
ponto de ebulição do cloreto	< 100 °C	86 °C
densidade do cloreto ($g \cdot mL^{-1}$)	1,9	1,887
volume molar do cloreto (mL)	113	113,35

Quadro 6.3
A confirmação das previsões de Mendeleev.

O quadro atual alterou o critério de organização dos elementos em função da mudança na própria definição de elemento químico, que passou a ser caracterizado pelo número atômico. Assim, os elementos, na tabela atual, são organizados em ordem crescente de número atômico. A tabela apresenta **períodos** (faixas horizontais) e **grupos** (colunas). Os elementos presentes num mesmo grupo da tabela têm propriedades semelhantes, que os distinguem dos outros grupos. Alguns desses grupos apresentam nomes especiais. Por exemplo, a coluna 1 (ou 1A) agrupa os chamados **metais alcalinos**. A coluna 2 (ou 2A) agrupa os chamados **metais alcalinoterrosos**. A coluna 16 (ou 6A) agrupa os chamados **calcogênios**. A coluna 17 (ou 7A) é conhecida como coluna dos **halogênios**. E, finalmente, a coluna 18 (ou 8A) contém os chamados **gases nobres**.

Com exceção dos gases nobres (muito pouco reativos), os elementos situados nas extremidades esquerda e direita da tabela são muito reativos, e por isso não são normalmente encontrados na forma elementar, mas combinados, formando compostos. O sódio e o cloro são encontrados, por exemplo, como cloreto de sódio, o principal componente do sal de cozinha.

A tabela periódica (a seguir e no final do livro) é uma importante fonte de informações para o químico, pois sintetiza uma série de propriedades dos elementos. Recorrer à tabela periódica é uma maneira de não ter que memorizar as informações que ela fornece. O importante é saber consultá-la para extrair essas informações, quando necessário.

- Os elementos de **números atômicos 113**, **115**, **117** e **118** não constam na tabela porque, apesar de relatados por pesquisadores, até junho de 2012 ainda não haviam sido referendados pela Iupac/Iupap.
- As **massas atômicas** relativas são listadas com arredondamento no último algarismo. As massas atômicas entre parênteses representam valores ainda não padronizados pela Iupac.
- Os valores de **eletronegatividade** estão na escala de Pauling. Nessa escala, a eletronegatividade do flúor, elemento mais eletronegativo, é 4,0. O valor para o frâncio, elemento menos eletronegativo, é 0,7.
- Os valores de **raio atômico** e **raio covalente** são dados em pm (picômetros): 1 pm = 10^{-12} m.
- Os valores de **temperatura de fusão** e **de ebulição** são dados em °C (graus Celsius).
- Os valores de **densidade** para sólidos e líquidos são dados em g/cm^3 (gramas por centímetro cúbico) e, para gases, em g/L (gramas por litro).
- Os valores da **1ª energia de ionização** são dados em kJ/mol (quilojoules por mol).
- Os **traços** indicam valores desconhecidos.
- As **cores nos símbolos** dos elementos indicam o estado físico a 25 °C e a 1 atm de pressão: azul – estado líquido; roxo – estado gasoso; **preto** – estado sólido; cinza – estado físico desconhecido.
- A classificação dos elementos boro, silício, germânio, arsênio, antimônio, telúrio e polônio em **semimetais** ou **metaloides** não é reconhecida pela Iupac.
- **Observação:** As cores utilizadas nesta tabela não têm significado científico; são apenas recursos visuais pedagógicos.

Metais | Não metais | Gases nobres

* Leia-se carbono grafite
** **b** – fósforo branco/ **v** – fósforo vermelho
*** Temperatura de sublimação

Nº atômico	Símbolo	Nome	Massa atômica relativa	Eletronegatividade	Raio atômico	Raio covalente	Fusão	Ebulição	Densidade	1ª energia de ionização
1	H	hidrogênio	1,01	2,2	78	30	−259	−253	0,09	1311
2	He	hélio	4,00	—	128	—	—	−269	0,18	2376
3	Li	lítio	6,94	1,0	152	123	181	1342	0,53	520
4	Be	berílio	9,01	1,6	113,3	89	1287	2471	1,85	901
5	B	boro	10,81	2,0	83	88	2075	4000	2,34	800
6	C*	carbono	12,01	2,6	—	77	—	3825***	2,2	1085
7	N	nitrogênio	14,01	3,0	71	70	−210	−196	1,23	1404
8	O	oxigênio	16,00	3,4	—	66	−219	−183	1,40	1316
9	F	flúor	19,00	4,0	70,9	58	−220	−188	1,67	1684
10	Ne	neônio	20,18	—	—	—	−249	−246	0,89	2082
11	Na	sódio	22,99	0,9	153,7	—	98	883	0,97	494
12	Mg	magnésio	24,31	1,3	160	136	650	1090	1,74	737
13	Al	alumínio	26,98	1,6	143,1	125	660	2519	2,70	578
14	Si	silício	28,09	1,9	117	117	1414	3265	2,33	788
15	P	fósforo	30,97	2,2	93(b)/115(v)**	110	44	281	1,82(b)	1014
16	S	enxofre	32,07	2,6	104	104	115	445	2,07	1001
17	Cl	cloro	35,45	3,2	—	99	−102	−34	3,11	1253
18	Ar	argônio	39,95	—	174	—	−189	−186	1,75	1521
19	K	potássio	39,10	0,8	227	203	63	759	0,89	419
20	Ca	cálcio	40,08	1,0	197,3	174	842	1484	1,54	591
21	Sc	escândio	44,96	1,4	160,6	144	1541	2836	2,99	633
22	Ti	titânio	47,87	1,5	144,8	132	1668	3287	4,51	658
23	V	vanádio	50,94	1,6	132,1	—	1910	3407	6,0	649
24	Cr	crômio	52,00	1,7	124,9	—	1907	2671	7,15	654
25	Mn	manganês	54,94	1,6	124	117	1246	2061	7,3	716
26	Fe	ferro	55,85	1,8	124,1	116,5	1538	2861	7,87	763
27	Co	cobalto	58,93	1,9	125,3	116	1495	2927	8,86	763
28	Ni	níquel	58,69	1,9	124,6	115	1455	2913	8,90	737
29	Cu	cobre	63,55	1,9	127,8	117	1085	2562	8,96	746
30	Zn	zinco	65,38	1,7	133,2	125	420	907	7,14	905
31	Ga	gálio	69,72	1,8	122,1	125	30	2204	5,91	578
32	Ge	germânio	72,64	2,0	122,5	122	938	2833	5,32	763
33	As	arsênio	74,92	2,2	125	121	—	614***	5,75	947
34	Se	selênio	78,96	2,6	215,2	117	221	685	4,39	943
35	Br	bromo	79,90	3,0	—	114,2	−7	59	3,10	1140
36	Kr	criptônio	83,80	—	—	189	−157	−153	3,68	1353
37	Rb	rubídio	85,47	0,8	247,5	—	39	688	1,53	402
38	Sr	estrôncio	87,62	1,0	215,1	192	777	1382	2,64	549
39	Y	ítrio	88,91	1,2	181	162	1522	3345	4,47	599
40	Zr	zircônio	91,22	1,3	160	145	1855	4409	6,52	641
41	Nb	nióbio	92,91	1,6	142,9	134	2477	4744	8,57	654
42	Mo	molibdênio	95,96	2,2	136,2	129	2623	4639	10,2	683
43	Tc	tecnécio	(98)	2,1	135,8	—	2157	4265	11	704
44	Ru	rutênio	101,07	2,2	134	124	2334	4150	12,1	712
45	Rh	ródio	102,91	2,3	134,5	125	1964	3695	12,4	721
46	Pd	paládio	106,42	2,2	137,6	128	1555	2963	12,0	804
47	Ag	prata	107,87	1,9	144,4	134	962	2162	10,5	733
48	Cd	cádmio	112,41	1,7	148,9	141	321	767	8,69	867
49	In	índio	114,82	1,8	162,6	150	157	2072	7,31	557
50	Sn	estanho	118,71	2,0	140,5	140	232	2602	7,27	708
51	Sb	antimônio	121,76	2,1	182	141	631	1587	6,68	830
52	Te	telúrio	127,60	2,1	143,2	137	450	988	6,24	872
53	I	iodo	126,90	2,7	—	133,3	114	184	4,93	1010
54	Xe	xenônio	131,29	2,6	218	209	−112	−108	5,76	1173
55	Cs	césio	132,91	0,8	265,4	235	28	671	1,93	377
56	Ba	bário	137,33	0,9	217,3	198	727	1897	3,62	503
57-71	SÉRIE DOS LANTANÍDIOS									
72	Hf	háfnio	178,49	1,3	156,4	144	2233	4603	13,3	658
73	Ta	tântalo	180,95	1,5	143	134	3017	5458	16,4	729
74	W	tungstênio	183,84	1,7	137,0	130	3422	5555	19,3	758
75	Re	rênio	186,21	1,9	137,0	128	3816	5596	20,8	758
76	Os	ósmio	190,23	2,2	135	126	3033	5012	22,59	813
77	Ir	irídio	192,22	2,2	135,7	126	2446	4428	22,5	867
78	Pt	platina	195,08	2,2	138	129	1768	3825	21,5	863
79	Au	ouro	196,97	2,4	144,2	134	1064	2856	19,3	892
80	Hg	mercúrio	200,59	1,9	160	144	−39	357	13,53	1010
81	Tl	tálio	204,38	1,8	170,4	155	304	1473	11,8	591
82	Pb	chumbo	207,21	1,8	175,0	154	327	1749	11,3	716
83	Bi	bismuto	208,98	1,9	155	152	271	1564	9,79	704
84	Po	polônio	(209)	2,0	167	153	254	962	9,20	813
85	At	astato	(210)	2,2	—	—	302	337	—	—
86	Rn	radônio	(222)	—	—	—	−71	−62	9,74	1039
87	Fr	frâncio	(223)	0,7	270	—	27	677	—	394
88	Ra	rádio	(226)	0,9	223	—	700	1140	5	511
89-103	SÉRIE DOS ACTINÍDIOS									
104	Rf	rutherfórdio	(261)	—	—	—	—	—	—	—
105	Db	dúbnio	(262)	—	—	—	—	—	—	—
106	Sg	seabórgio	(266)	—	—	—	—	—	—	—
107	Bh	bóhrio	(264)	—	—	—	—	—	—	—
108	Hs	hássio	(277)	—	—	—	—	—	—	—
109	Mt	meitnério	(268)	—	—	—	—	—	—	—
110	Ds	darmstádtio	(271)	—	—	—	—	—	—	—
111	Rg	roentgênio	(272)	—	—	—	—	—	—	—
112	Cn	copernício	(277)	—	—	—	—	—	—	—
114	Fl	fleróvio	(289)	—	—	—	—	—	—	—
116	Lv	livermório	(292)	—	—	—	—	—	—	—

SÉRIE DOS LANTANÍDIOS

Nº atômico	Símbolo	Nome	Massa atômica relativa	Eletronegatividade	Raio atômico	Raio covalente	Fusão	Ebulição	Densidade	1ª energia de ionização
57	La	lantânio	138,91	1,1	187,7	169	918	3464	6,15	541
58	Ce	cério	140,12	1,1	182,5	165	798	3443	6,77	536
59	Pr	praseodímio	140,91	1,1	182,8	165	931	3520	6,77	528
60	Nd	neodímio	144,24	1,1	182,1	164	1021	3074	7,01	532
61	Pm	promécio	(145)	—	181,0	—	1042	3000	7,26	541
62	Sm	samário	150,36	1,2	180,2	166	1074	1794	7,52	545
63	Eu	európio	151,96	—	204,2	185	822	1529	5,24	549
64	Gd	gadolínio	157,25	1,2	180,2	161	1313	3273	7,90	595
65	Tb	térbio	158,93	—	178,2	159	1356	3230	8,23	566
66	Dy	disprósio	162,50	1,2	177,3	159	1412	2567	8,55	574
67	Ho	hólmio	164,93	1,2	176,6	158	1474	2700	8,80	582
68	Er	érbio	167,26	1,2	175,7	157	1529	2868	9,07	591
69	Tm	túlio	168,93	1,3	174,6	156	1545	1950	9,32	599
70	Yb	itérbio	173,05	—	194	170	819	1196	6,90	603
71	Lu	lutécio	174,97	1,0	173,4	156	1663	3402	9,84	524

SÉRIE DOS ACTINÍDIOS

Nº atômico	Símbolo	Nome	Massa atômica relativa	Eletronegatividade	Raio atômico	Raio covalente	Fusão	Ebulição	Densidade	1ª energia de ionização
89	Ac	actínio	(227)	1,1	187,8	—	1051	3198	10	499
90	Th	tório	232,04	1,3	179,8	—	1750	4787	11,7	608
91	Pa	protactínio	231,04	1,5	160,6	—	1572	4027	15,4	570
92	U	urânio	238,03	1,7	154	—	1135	4131	19,1	599
93	Np	netúnio	(237)	1,3	150	—	644	3902	20,2	603
94	Pu	plutônio	(244)	1,3	151	—	640	3228	19,7	582
95	Am	amerício	(243)	—	173	—	1176	2011	12	578
96	Cm	cúrio	(247)	—	174	—	1345	—	13,51	582
97	Bk	berquélio	(247)	—	170	—	1050	—	14,78	603
98	Cf	califórnio	(251)	—	169	—	900	—	15,1	608
99	Es	einstênio	(252)	—	203	—	860	—	—	620
100	Fm	férmio	(257)	—	—	—	1527	—	—	629
101	Md	mendelévio	(258)	—	—	—	827	—	—	637
102	No	nobélio	(259)	—	—	—	827	—	—	641
103	Lr	laurêncio	(262)	—	—	—	1627	—	—	—

Figura 6.29
Tabela periódica.

Os dados contidos nesta tabela periódica estão de acordo com as recomendações de 1º junho 2012 da Iupac e da Iupap (International Union of Pure and Applied Chemistry/ International Union of Pure and Applied Physics ou, em português, União Internacional de Química Pura e Aplicada/União Internacional de Física Pura e Aplicada, respectivamente).
Em 2005, esta tabela foi revisada e atualizada sob consultoria de Reiko Isuyama (ex-professora do Instituto de Química da Universidade de São Paulo e integrante do Comitê Executivo do Comitê de Ensino de Química da Iupac) com colaboração de Jorge A. W. Gut (professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo).
Em 2010, esta tabela foi revisada e atualizada sob consultoria de Álvaro Chrispino (atual professor do Cefet-RJ e *Fellow* Iupac e representante nacional do Comitê de Educação Química da Iupac – até 2007).

Apresentamos também o quadro 6.4, em que destacamos alguns nomes de elementos químicos em latim, o que explica os seus símbolos.

Elemento	Símbolo	Nome em latim
antimônio	Sb	*stibium*
cobre	Cu	*cuprum*
ouro	Au	*aurum*
ferro	Fe	*ferrum*
chumbo	Pb	*plumbum*
mercúrio	Hg	*hydragyrum*
potássio	K	*kalium*
prata	Ag	*argentum*
sódio	Na	*natrium*
estanho	Sn	*stannum*
tungstênio	W	*wolfram*

Quadro 6.4
Origem dos símbolos de alguns elementos químicos.

Questões

Consulte a tabela periódica sempre que for preciso e resolva as questões a seguir.

Q13. Que elementos têm propriedades semelhantes às do cloro?

Q14. Que elementos têm propriedades semelhantes às do carbono?

Q15. Indique o nome e o número atômico (Z) dos elementos Ca, F, Fe, K, Na, O, N, Mg, Mn, S, Co, Cu, C, Cl.

texto 8

Os antecedentes do modelo de Bohr

No final do século XIX, os conhecimentos da Física clássica estavam bem estabelecidos. Avanços significativos em várias áreas – mecânica, termodinâmica, eletricidade e eletromagnetismo – tinham possibilitado a compreensão de diversos fenômenos e o desenvolvimento de novas tecnologias. A invenção da máquina a vapor, a utilização da eletricidade nas indústrias e residências, a invenção de motores, o telégrafo, tudo isso estava contribuindo para mudar o modo de vida das pessoas.

a

Reprodução/Coleção particular

b

Museu Histórico Nacional, RJ

c

Museu Thomas Edison, Beaumont, Texas

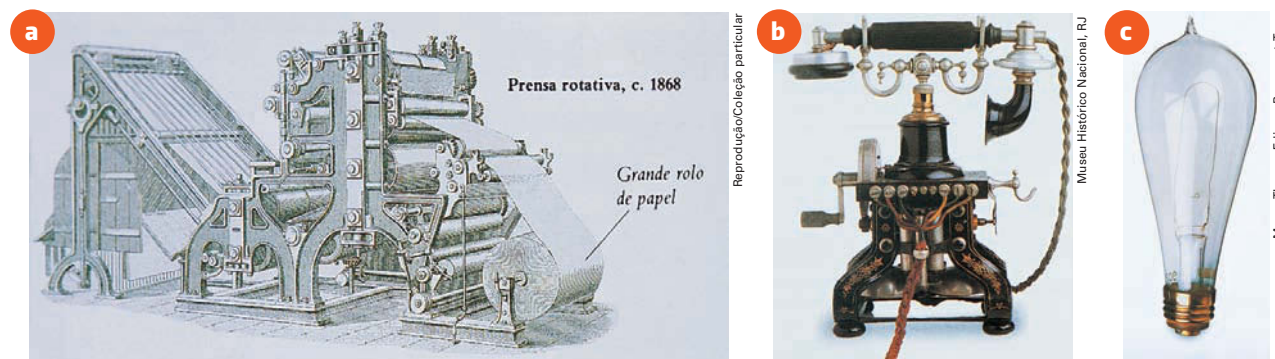



Figura 6.30
No final do século XIX, várias invenções mudaram o modo de vida das pessoas: a) a prensa rotativa (1865), b) o telefone com fio (1876) e c) a lâmpada de rosca de Edison (1879).

Sintetizando esse aparente esplendor e calmaria na área científica, o cientista inglês Lord Kelvin (1824-1907) havia afirmado que "não havia nenhuma nuvem no céu claro da Física". O trabalho de alguns cientistas no início do século XX – entre eles Einstein (1879-1955) e Planck (1858-1947) – viria, no entanto, a formar pesadas nuvens de tempestade que logo desabaria, acabando com a calmaria da Física clássica do século XIX.

Figura 6.31
Einstein.

Como vimos no modelo de Rutherford, no centro do átomo há um núcleo cuja massa é aproximadamente igual à massa total do átomo e cuja carga, positiva, é igual ao número atômico, Z. Em torno desse núcleo, quando o átomo é neutro, há um número de elétrons também igual a Z. Esse modelo apresentava, no entanto, desde o início, uma série de problemas para explicar a estabilidade do átomo. Essa questão já havia sido salientada pelo próprio Rutherford. Se os elétrons estivessem estacionários, sem movimento, não seria possível imaginar um arranjo estável, pois não haveria o que os impedisse de cair no núcleo, já que estavam sob a influência da atração coulombiana. Afinal, o núcleo tem carga positiva e os elétrons, carga negativa.

Figura 6.32
Planck.

Uma solução aparente seria pensar que os elétrons poderiam girar em torno do núcleo, a exemplo do que fazem os planetas em torno do Sol. Um sistema desse tipo poderia ser mecanicamente estável, como no caso dos planetas. Quando se pensa em partículas carregadas – negativamente, como os elétrons – girando em torno de um núcleo de carga oposta, surge, porém, um sério problema: para manter seu movimento circular ao redor do núcleo, os elétrons deveriam estar constantemente acelerados. De acordo com a teoria eletromagnética clássica, todos os corpos carregados acelerados irradiam energia na forma de radiação eletromagnética (discutiremos, mais adiante, o que é radiação eletromagnética. Por enquanto, basta pensar que a luz é um tipo de radiação eletromagnética). Ao emitir esse tipo de energia, o elétron perderia energia mecânica e se moveria em uma trajetória espiral até atingir o núcleo. Dessa maneira, apesar de todo o sucesso em interpretar fatos experimentais, o modelo atômico de Rutherford já havia nascido com um sério problema, pois não conseguia explicar a estabilidade do átomo.

Em 1913, apenas dois anos após a proposição do modelo atômico por Rutherford, Niels Bohr (1885-1962) forneceu uma solução bastante razoável para esse problema. Antes de conhecer a solução proposta por Bohr, e para melhor entendê-la, vamos estudar um pouco a luz e as outras formas de radiação eletromagnética.

Figura 6.33
Niels Bohr.

texto 9

A luz emitida pelas substâncias e a radiação eletromagnética

No nosso cotidiano, lidamos com várias formas de radiações eletromagnéticas, mesmo que não as chamemos por esse nome. A luz visível emitida pelo Sol ou pelas lâmpadas artificiais, que é responsável por tudo o que conseguimos enxergar, é um exemplo de radiação eletromagnética.

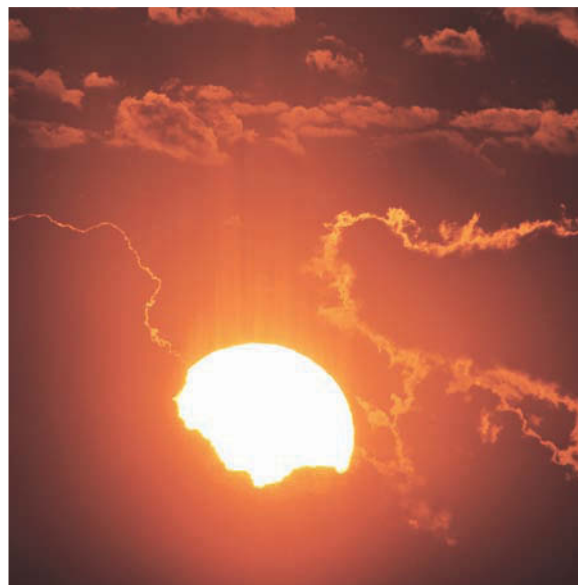
Quando aquecemos um alimento no forno de micro-ondas, usamos uma outra forma de radiação – as micro-ondas. Quando você sintoniza seu rádio na estação preferida, logo ouvirá o locutor dizer: "você está ligado na 93.8", por exemplo. Esse número expressa a frequência, em MHz (megahertz), da radiação eletromagnética, nesse caso, "ondas de rádio". Ao sintonizarmos o televisor nos canais, na verdade estamos sintonizando uma frequência de ondas eletromagnéticas.

PhotoDisc/Arquivo da editora

Figura 6.34
A luz visível emitida pelo Sol é uma forma de radiação eletromagnética.

D. Hurst/Alamy/Otherimages

Johnny Greig Cut-Outs/Alamy/Other Images

Divulgação/Arquivo da editora

Figura 6.35
Micro-ondas, rádio e televisor estão relacionados a diferentes formas de radiação eletromagnética.

6

Se você for a um hospital "tirar uma chapa (ou radiografia)", estará interagindo com outra radiação eletromagnética, os raios X. Ao comprar um protetor solar, você poderá observar, no rótulo, que ele oferece proteção para "raios UVA e UVB". Esses "raios" também são uma forma de radiação eletromagnética, conhecida como ultravioleta, que é emitida pelo Sol, mas que não é visível.

Figura 6.36
Os raios UVA e UVB são outras formas de radiação eletromagnética.

Fotos: Pixtal/Arquivo da editora

Figura 6.37
Newton.

O que fez com que os físicos tratassem todos esses "raios", aparentemente tão diferentes, como um único tipo de radiação, chamada de radiação eletromagnética?

Até o começo do século XIX, a teoria mais aceita sobre a natureza da luz era aquela que a considerava como um fluxo de pequenas partículas. Essa teoria – chamada de **teoria corpuscular da luz** – havia sido elaborada por Newton, sendo publicada no seu livro *Óptica*, em 1704.

No começo do século XIX, Thomas Young (1773-1829) proporia uma outra teoria para explicar a natureza da luz. Partindo de uma analogia com as ondas do mar, ele considerava a luz como uma onda.

Figura 6.38
Young.

Young usou sua teoria para explicar de maneira convincente alguns fenômenos luminosos, como a polarização e a interferência, que não eram explicados pela teoria corpuscular. O francês Augustin Fresnel (1788-1827) também deu grandes contribuições para o estabelecimento do caráter ondulatório da luz. A polêmica sobre a natureza da luz, no entanto, não se encerraria aí, pois no começo do século XX Einstein recorreria novamente a uma teoria corpuscular da luz para explicar o efeito fotoelétrico – uma propriedade que certas frequências da luz têm de arrancar elétrons de uma chapa metálica.

Ainda no século XIX, Maxwell (1831-1879) havia conseguido um modelo matemático bastante elaborado para explicar fenômenos elétricos e magnéticos, criando uma teoria unificada que ficaria conhecida como **eletromagnetismo**. As equações de Maxwell, que expressam o comportamento dos fenômenos eletromagnéticos, são semelhantes às que haviam sido determinadas para expressar o comportamento das ondas de luz.

Figura 6.39
Maxwell.

Maxwell mostrou que a luz podia ser representada por uma onda eletromagnética e, do mesmo modo, que as ondas eletromagnéticas deveriam apresentar os mesmos fenômenos descritos para as ondas de luz, como refração, reflexão, difração, etc. A teoria de Maxwell era tão abrangente que permitia a previsão da existência de outras radiações eletromagnéticas, com frequências diferentes da frequência da luz. Hertz, em 1888, nove anos depois da morte de Maxwell, descobriu as ondas de rádio, confirmando as previsões da teoria eletromagnética. Desde essa época, todas essas formas de radiação – luz, ondas de rádio, ultravioleta, infravermelho, posteriormente raios X, raios beta, micro-ondas, etc. – começaram a ser tratadas, unificadamente, como radiações eletromagnéticas.

atividade 2

O teste da chama

O teste da chama é uma atividade muito usada na identificação de substâncias químicas. Sabe-se que os átomos, quando aquecidos a uma determinada temperatura, emitem luz de frequência bem definida, que é característica para cada tipo de átomo. Como cada frequência diferente de luz visível corresponde a uma cor característica, esse teste permite a identificação dos tipos de átomos presentes numa amostra de solução qualquer simplesmente pela cor que a chama adquire em contato com essa solução.

Nesta atividade, vamos realizar o teste de chama para algumas substâncias. Posteriormente, tentaremos explicar os resultados obtidos recorrendo a um outro modelo atômico: o modelo de Bohr.

Material

Quatro latas de refrigerante, um prego, areia suficiente para encher uma lata de refrigerante de 350 mL, uma rolha, uma régua, quatro béqueres (para colocar cada uma das quatro soluções a seguir), seringa ou conta-gotas ou proveta de 10 mL, álcool comercial, 25 mL de cada uma das seguintes soluções: HCl (ácido clorídrico), $BaCl_2$ (cloreto de bário), $CaCl_2$ (cloreto de cálcio) e $SrCl_2$ (cloreto de estrôncio).

Atenção: Cuidado ao manipular o HCl e o álcool. Faça isso somente sob a supervisão de seu professor.

O que fazer

A5 Peguem as quatro latas de refrigerante e, com o auxílio de um prego e um martelo, façam em torno de 250 furos na parede lateral de cada uma delas, a partir da altura de 2 cm da base (meçam essa altura com a régua). Para evitar que a lata amasse, coloquem areia em seu interior e tampem com a rolha. Vejam a figura 6.40 na página seguinte.

A6 Construam, no caderno, um quadro com duas colunas: **Nome das substâncias** e **Cor resultante da queima da substância na chama**. Esse quadro receberá os dados observados neste experimento.

A7 Adicionem 3 mL (aproximadamente 60 gotas) de etanol (álcool etílico 95%) dentro de cada lata.

A8 Coloquem, sobre a tampa da primeira lata, próximo à abertura, algumas gotas de solução de HCl (ácido clorídrico). Nas outras três latas adicionem, usando o mesmo procedimento, soluções de $BaCl_2$ (cloreto de bário), $CaCl_2$ (cloreto de cálcio) e $SrCl_2$ (cloreto de estrôncio).

A9 Indiquem a substância que está sobre a tampa das latas, anotando seu nome num pedaço de papel e colocando-o na frente da lata.

A10 Inflamem o conteúdo das quatro latas, jogando um palito de fósforo aceso, **com muito cuidado**, em seu interior. Observem o que ocorre e anotem no quadro no caderno.

Sérgio Dotta Jr./Arquivo da editora

Figura 6.40
Exemplo de lata perfurada.

texto 10

A natureza ondulatória da luz e o espectro eletromagnético

No teste de chama realizado na Atividade 2, observamos que cada substância, quando aquecida, emite luz de cor diferente. Essa cor é característica para cada substância, e no caso dos testes realizados está relacionada a uma propriedade dos átomos que constituem a substância.

Se a luz for tratada como uma radiação eletromagnética, cada cor corresponderá a uma frequência de onda específica. Para entendermos melhor esse aspecto, vamos estudar algumas propriedades das ondas.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 6.41
Cada uma das substâncias da experiência realizada emitiu uma cor diferente quando aquecida.

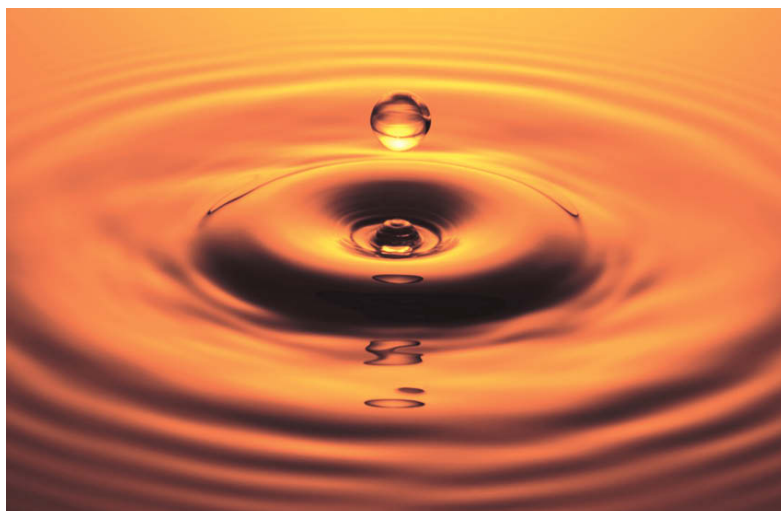
Se você jogar uma pedra na superfície de uma piscina cuja água esteja parada, observará a formação de ondas a partir do ponto em que a pedra caiu.

PhotoDisc/Arquivo da editora

Figura 6.42
Quando uma pedra cai na superfície da água, formam-se ondas.

Podemos representar uma onda da seguinte maneira:

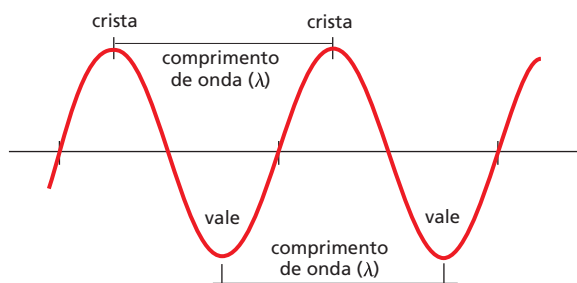



Figura 6.43
Representação de uma onda, destacando o comprimento de onda λ.

A distância entre duas cristas ou dois vales é chamada de **comprimento de onda**. Quanto maior essa distância, maior será seu comprimento de onda.

A onda é uma forma de propagação de energia sem que ocorra transporte de matéria. Você pode observar isso colocando uma rolha de cortiça numa cuba com água e observando o que acontece quando você produz uma onda, batendo em um ponto da superfície da água com um lápis. A rolha vai se deslocar verticalmente quando as ondas passarem por ela. Em termos de sua posição média, no entanto, a rolha não sofrerá deslocamento horizontal.

Além do comprimento de onda, existe uma outra grandeza importante para caracterizar uma onda: a frequência. Já comentamos que, ao sintonizar seu rádio numa estação, na verdade você estará sintonizando as ondas de rádio numa determinada frequência da radiação eletromagnética. Para entendermos o que é uma frequência, vamos retomar o exemplo da rolha na cuba. Se contarmos o número de vezes que a rolha sobe em um segundo, teremos determinado a frequência dessa onda. Em outras palavras, podemos considerar a **frequência** como o número de vezes que uma crista, ou um vale, de uma onda passa por determinado ponto, por segundo.

Outra observação importante é que, quanto maior a distância entre duas cristas adjacentes – maior o comprimento de onda –, menor será a frequência. Representando a frequência pela letra grega ν (*ni*), o comprimento de onda pela letra grega λ (*lambda*) e a velocidade da onda pela letra *v*, podemos expressar essa relação matematicamente.

$$\upsilon = \frac{v}{\lambda}$$

Em 1900, Max Planck propôs uma relação simples entre energia e frequência da radiação emitida pela matéria que funcionava para todas as frequências. Planck propôs que átomos vibrando em um metal aquecido poderiam absorver e emitir energia eletromagnética apenas em certas quantidades discretas, que eram iguais ou múltiplas da quantidade determinada pela equação:

$$E = h\upsilon$$

em que υ representa a frequência da radiação emitida ou absorvida e h é uma constante, atualmente conhecida como constante de Planck, cujo valor é:

$$h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}\ \text{J} \cdot \text{s}$$

A hipótese quântica de Planck estabelece que a energia pode ser absorvida ou emitida apenas como a quantidade representada por $h\upsilon$ (chamada de *quantum*) ou múltiplos inteiros desse valor. Assim, a energia pode ter valores iguais a $h\upsilon$, $2h\upsilon$, $3h\upsilon$, mas **não** pode ter valores iguais a $2{,}5h\upsilon$ ou $4{,}02h\upsilon$. De acordo com as teorias da Física clássica, não existiriam limites da quantidade de energia que um sistema pode absorver ou emitir – a energia varia continuamente. Na teoria quântica, ao contrário, faz-se a previsão de que as mudanças de energia ocorrem apenas em quantidades discretas, o que significa dizer que as variações de energia são descontínuas.

Planck e outros cientistas de sua época tiveram dificuldades em aceitar a teoria quântica, que mudava completamente a maneira de ver os fenômenos em escala atômica. Essa teoria, no entanto, abriria um novo caminho para entender o átomo, com a proposta de Niels Bohr de um modelo para o átomo.

De acordo com a fórmula de Planck, a energia da radiação eletromagnética é diretamente proporcional à frequência e inversamente proporcional ao comprimento de onda.

$$E \propto \frac{v}{\lambda}$$

Desse modo, radiações com alta frequência e, portanto, pequeno comprimento de onda – por exemplo, os raios X – terão muita energia. Ao contrário, radiações com baixa frequência e, portanto, grande comprimento de onda – por exemplo, as ondas de rádio – terão pouca energia.

No caso da radiação visível, cada cor que você observou no teste de chama corresponde a uma frequência de radiação eletromagnética característica. As frequências das cores que observamos correspondem a apenas uma pequena faixa de radiações que já foram detectadas. Todas as cores que conhecemos estão situadas nessa pequena faixa, conhecida como a região do visível no espectro eletromagnético. O conjunto de todas as radiações eletromagnéticas conhecidas é o que denominamos **espectro eletromagnético**. Uma forma de representar esse espectro é colocar os vários tipos de radiação em ordem decrescente de comprimento de onda (e, portanto, crescente de frequência e energia).

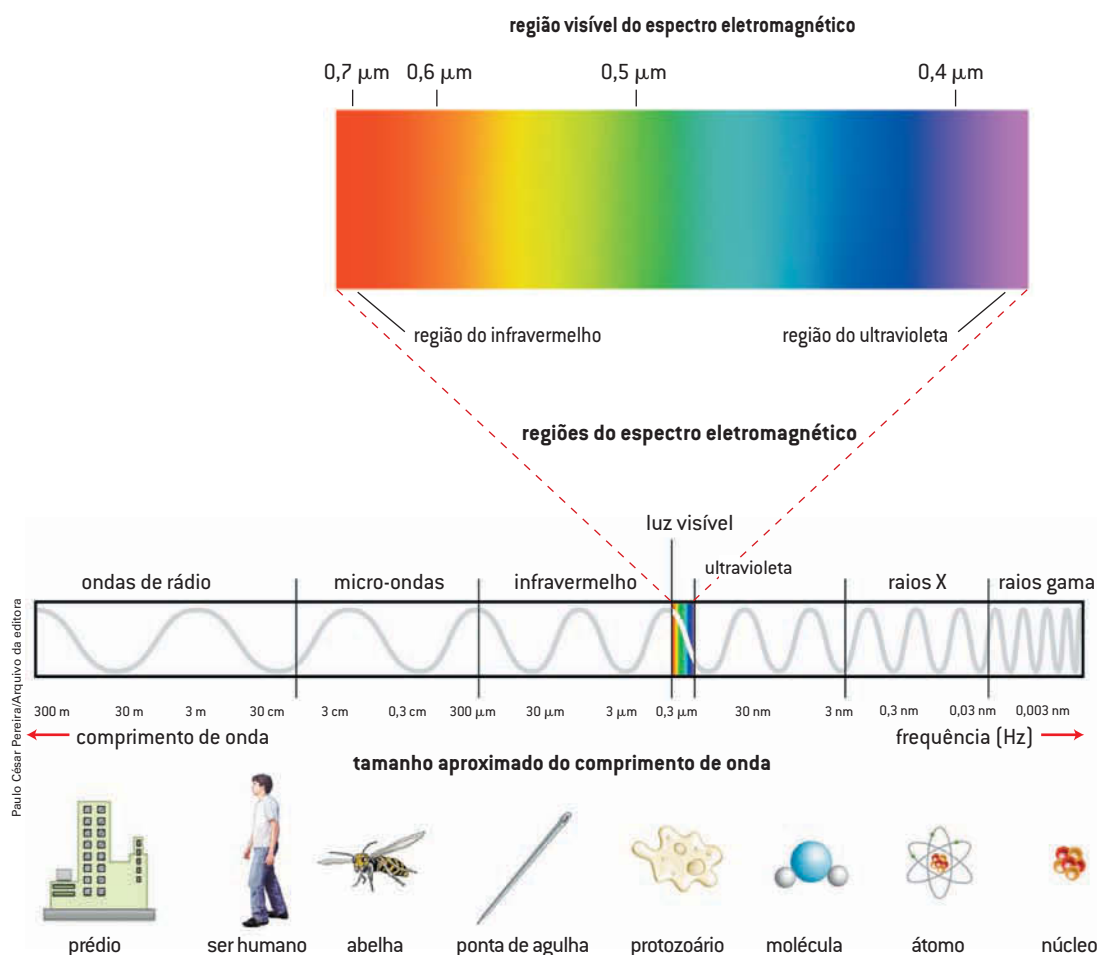



Figura 6.44 Espectro eletromagnético.

Questões

Q16. Indique o comprimento de onda e calcule a frequência de cada uma das cores que você observou no teste de chama. Dado: velocidade da luz: $3 \cdot 10^8$ m/s.

Q17. Indique a cor que corresponde à maior energia. Justifique sua resposta.

Q18. Indique a cor que corresponde à menor energia. Justifique sua resposta.

Q19. Localize a radiação de micro-ondas no espectro eletromagnético (figura 6.44) e indique se ela corresponde a uma energia maior ou menor que a da região visível.

Q20. Localize os raios X no espectro eletromagnético (figura 6.44) e tente explicar por que não devemos nos expor a grandes quantidades dessa radiação.

6

texto 11

Interação entre radiação e matéria, os espectros atômicos e o modelo de Bohr

Com o teste de chama, aprendemos que cada substância emite luz em determinadas frequências. A cor que predomina nesse teste é característica de um dos átomos que constituem a substância. Se tivéssemos um prisma ou uma rede de difração, poderíamos decompor a luz emitida e observar que, na verdade, mais de uma frequência de radiação é emitida por cada substância. A esse conjunto de frequências, que caracteriza determinado átomo, dá-se o nome de **espectro de emissão** desse átomo.

O espectro de emissão de um átomo pode ser observado quando se fornece energia para os átomos. Ao receber energia, os elétrons saem do seu estado fundamental, que é o de menor energia, e são promovidos para o estado excitado. Quando voltam ao estado fundamental, as espécies emitem radiação de frequência característica. No caso do teste de chama, a energia é fornecida pela chama. No caso dos espectrômetros, aparelhos que vimos no início do capítulo, usados para obter os espectros, essa energia pode ser fornecida por um feixe de luz, uma descarga elétrica, etc.

No final do século XIX, já podiam ser obtidos os espectros de átomos, como o hidrogênio e o hélio. O espectrômetro é o equipamento típico usado para obter esses espectros. A energia fornecida por meio de uma descarga elétrica através de um gás excita seus elétrons, que posteriormente emitem luz. A luz é então colimada, ou seja, é produzido um feixe de luz por uma fenda. Atravessando um prisma ou uma rede de difração, o feixe de luz é decomposto em um espectro de comprimentos de onda, que é então gravado em uma chapa fotográfica, como mostra a figura a seguir.

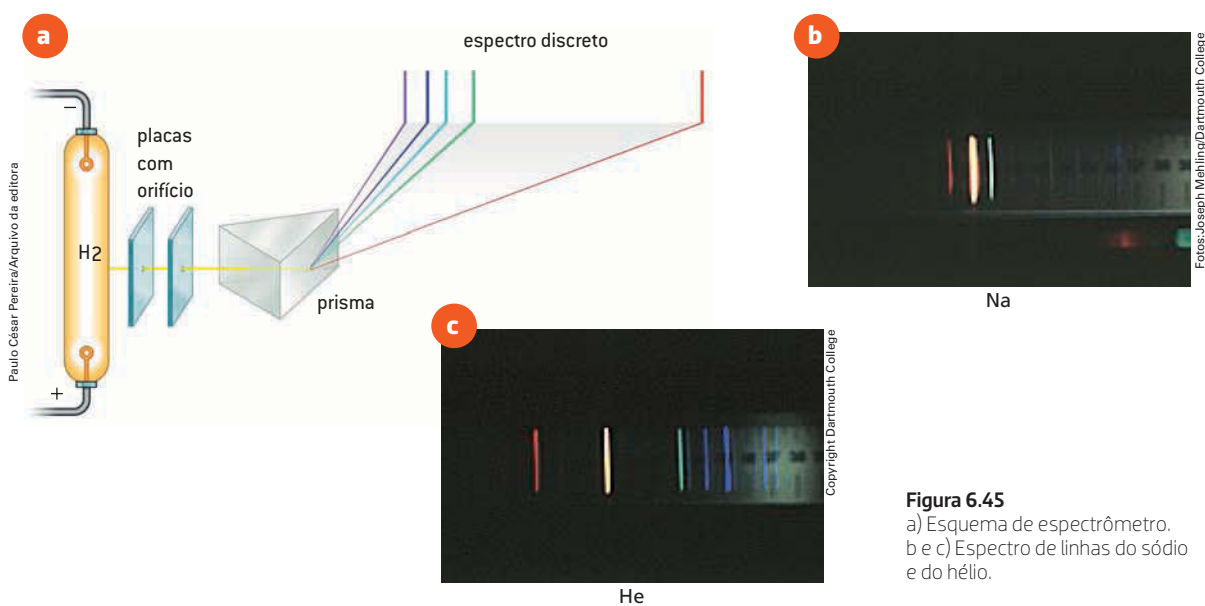



Figura 6.45
a) Esquema de espectrômetro.
b e c) Espectro de linhas do sódio e do hélio.

Espectrômetros

Atualmente, há uma grande variedade de espectrômetros, que são usados para determinar a estrutura molecular das substâncias e dos materiais. Cada tipo de espectrômetro permite observar uma determinada faixa de frequências do espectro eletromagnético (por exemplo, ultravioleta, infravermelho, etc.) que corresponde a algum tipo de perturbação nessa estrutura. O princípio do espectrômetro é fornecer energia na forma de radiação, que irá interagir com o material e provocar uma perturbação no seu estado, normalmente aumentando sua energia. Quando o material voltar ao seu estado fundamental, ele emite radiação, que será detectada, fornecendo informações sobre sua estrutura.

Um exemplo de espectro bastante conhecido é o arco-íris. Este fenômeno ocorre quando a luz do sol atravessa as gotículas de água, que funcionam como um prisma. Esse tipo de espectro é contínuo. Ao contrário, a radiação eletromagnética emitida por átomos livres gera um espectro descontínuo, constituído por um conjunto de comprimentos de ondas discretos. Isso faz com que o espectro seja composto de um conjunto de linhas.

Figura 6.46
O arco-íris é um exemplo de espectro obtido quando a luz atravessa as gotículas de água. Cataratas do Iguaçu, Foz do Iguaçu (PR), 2006.

Qual é a relação entre esses espectros e os modelos atômicos que estamos estudando?

No modelo atômico de Rutherford, o elétron no átomo de hidrogênio poderia ter qualquer energia, determinada por sua distância em relação ao núcleo. Portanto era de esperar que o espectro atômico obtido fosse contínuo.

Bohr, desde 1911, já estava trabalhando para resolver o problema da instabilidade do átomo no modelo de Rutherford. Ele praticamente já havia proposto seu modelo e preparava um memorando sobre o assunto em 1912, para discuti-lo com Rutherford, mas não havia ainda analisado o espectro do hidrogênio. No início de 1913, o estudante Hans Marius Hansen (1886-1956) perguntou a Bohr o que o seu modelo tinha a dizer sobre esse espectro. Bohr respondeu que nada sabia sobre o assunto e Hansen aconselhou-o a dar uma olhada na fórmula de Balmer (1825-1898) para o espectro de hidrogênio.

"Logo que vi a fórmula de Balmer, tudo se tornou claro para mim", diria Bohr muitos anos mais tarde.

A fórmula de Balmer permitia associar o comprimento de onda – e, portanto, a frequência – de cada linha do espectro do hidrogênio a dois números inteiros positivos.

O modelo que viria a ser apresentado por Bohr em 1913 concordava de maneira precisa com esses dados empíricos (experimentais), obtidos por Balmer para o espectro de hidrogênio.

Bohr apresentou seu modelo por meio de postulados porque não tinha uma explicação para a estabilidade do átomo. Ele parte da constatação de que o átomo é estável e apresenta uma possível solução para o problema da estabilidade por meio do postulado 3 (a seguir). Naquele momento não era possível para Bohr provar o que estava postulando, mas observações empíricas realizadas posteriormente confirmaram a correção do modelo, e, portanto, dos postulados.

Apresentamos a seguir os postulados de forma simplificada para facilitar sua compreensão.

Postulados de Bohr

1. Um elétron, em um átomo, se move em uma órbita circular estável em torno do núcleo sob influência da atração coulombiana entre o elétron e o núcleo. Esse movimento está de acordo com as leis da mecânica clássica.
2. No lugar de um número infinito de órbitas possíveis, como previsto pela mecânica clássica, o elétron só pode se mover em órbitas determinadas, que podem ser associadas a números inteiros. Essas órbitas privilegiadas são chamadas estados estacionários.
3. Um elétron que se move em um desses estados estacionários não emite radiação eletromagnética, apesar de estar constantemente acelerado. Sua energia total, portanto, permanece constante.
4. Quando um elétron muda de uma órbita ou estado estacionário de energia total E_i para outra, de energia total E_f, menor do que E_i, emite radiação eletromagnética. A radiação emitida tem frequência igual à diferença de energia das órbitas $(E_i - E_f)$ dividida por uma constante, conhecida como constante de Planck (h).

Resumindo, poderíamos afirmar que o elétron no átomo de hidrogênio, segundo o modelo de Bohr, pode estar em níveis de energia bem determinados, que correspondem a números inteiros. Esses números inteiros são os mesmos que apareciam na fórmula de Balmer. Dizemos que, no modelo de Bohr, a energia dos elétrons é **quantizada**, o que corresponde a dizer que ela só pode apresentar determinados valores discretos.

Para compreender o significado da quantização da energia, vamos fazer uma analogia com uma escada. Os níveis de energia do elétron no átomo de hidrogênio corresponderiam aos degraus de uma escada. Ao subirmos ou descermos uma escada, só podemos parar nos degraus; não há como ficar entre dois degraus.

Quando fornecemos energia ao átomo de hidrogênio, os elétrons podem saltar para níveis de maior energia. Ao retornarem ao estado fundamental, eles emitirão essa energia. Segundo o modelo de Bohr, só são possíveis certos níveis, correspondentes aos estados estacionários; assim, a radiação emitida tem frequência bem característica, constituindo o espectro de linhas.

Nas figuras abaixo, apresentamos a correspondência das transições entre os níveis de energia do átomo de hidrogênio com as linhas do espectro atômico.

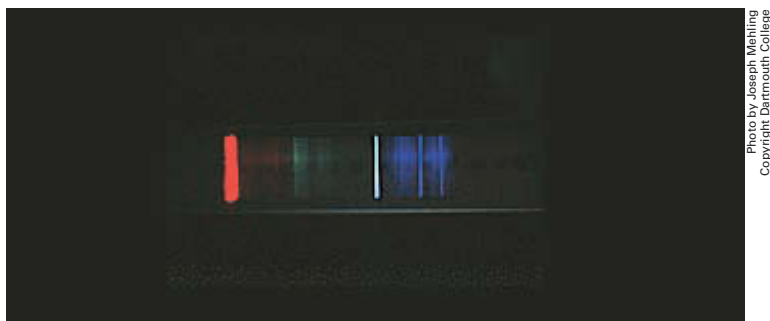



Figura 6.47
Espectro do hidrogênio.

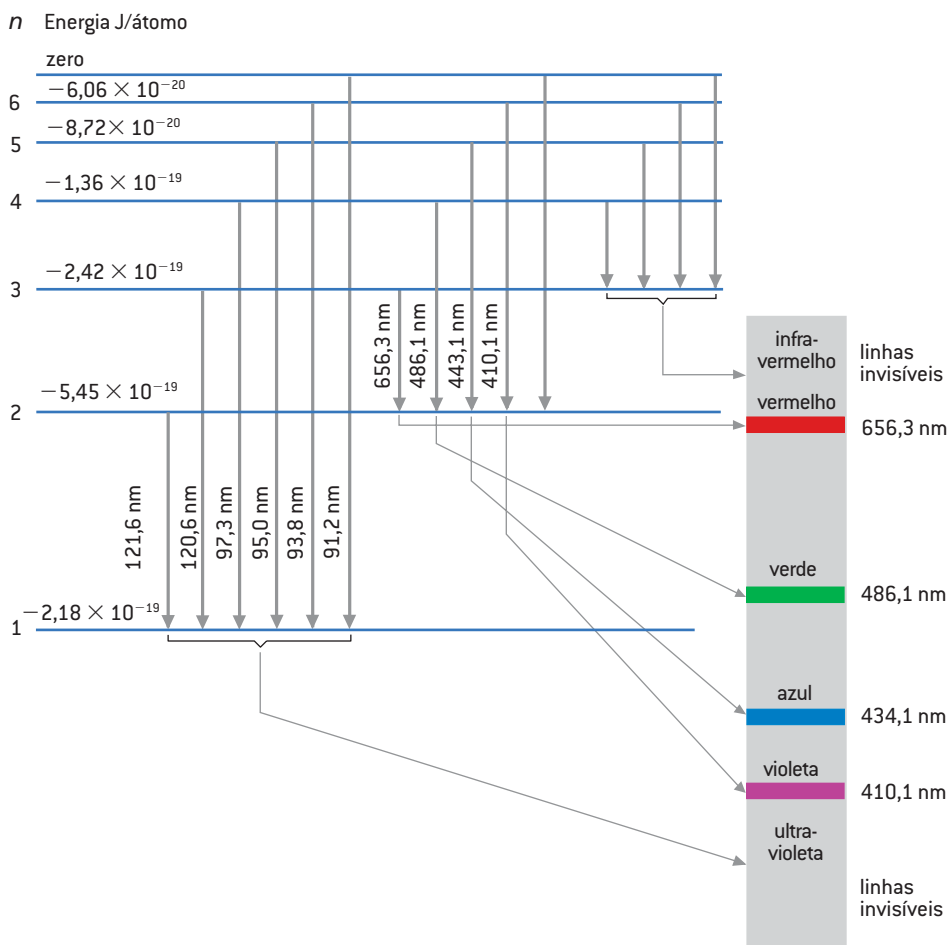



Figura 6.48
Relação entre as linhas do espectro de hidrogênio e os níveis de energia segundo o modelo de Bohr.

Questão

Q21. A partir da ilustração da figura 6.48 e usando a fórmula de Planck, $E = h\upsilon$, calcule a energia que corresponde a cada linha do espectro atômico do hidrogênio e indique a transição entre níveis a que corresponde cada linha. Dados: constante de Planck, $h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}$ J · s e frequência expressa em hertz (s^{-1}).

EXERCÍCIOS

E8. Leia a frase a seguir: "O espectro visível da luz solar, que corresponde ao conhecido arco-íris, vai da radiação vermelha à violeta, mais energética.".

Agora, responda em seu caderno:

a) Existem radiações eletromagnéticas não visíveis? Dê dois exemplos.

b) Qual a radiação mais energética: a infravermelha ou a ultravioleta?

E9. O que é um espectro descontínuo?

E10. A que corresponde uma linha (ou raia) de um espectro descontínuo?

E11. Descreva o modelo proposto por Bohr.

atividade 3

Átomos neutros e íons

Em um átomo neutro (carga elétrica total nula), o número de cargas positivas é igual ao de cargas negativas, ou seja, o número de prótons é igual ao de elétrons. Nem sempre, porém, os átomos são neutros. Quando um átomo ou grupo de átomos apresenta cargas positivas ou negativas, eles passam a ser chamados de **íons**. Os íons são átomos ou grupos de átomos que possuem número de elétrons diferente do número de prótons.

As transformações químicas e biológicas que observamos no cotidiano, e que são objeto de estudo nas diversas atividades do nosso curso, envolvem transformações apenas na região mais externa do átomo, onde ficam os elétrons – a **eletrosfera**. O núcleo atômico permanece inalterado nessas transformações. Assim, a formação de íons positivos – **cátions** – se refere à perda de elétrons pelo átomo, ao passo que a formação de íons negativos – **ânions** – se refere ao ganho de elétrons pelo átomo.

Em um cátion ou ânion de um elemento químico qualquer, o número de prótons permanece o mesmo. No cátion o íon possui carga elétrica positiva porque o átomo perdeu elétrons. No ânion a carga é negativa porque o átomo neutro recebeu elétrons.

Questões

Q22. Consultando a tabela periódica, determine, para os elementos Na, Na^{+}, Ca, Ca^{2+}, Al, Al^{3+}, C, N, O, O^{2-}, Cl, Cl^{-}, Fe, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Cu, Cu^{2+}, Zn, Zn^{2+}, Ne:

a) a coluna da tabela periódica a que pertencem;

b) o número atômico (Z);

c) o número de prótons;

d) o número de elétrons.

Q23. O que você pode afirmar sobre a relação entre o número de prótons e o número de elétrons em:

a) átomos neutros; b) cátions; c) ânions?

Q24. Consultando a tabela periódica determine, para os isótopos ^{1}H, ^{3}H, ^{12}C, ^{14}C, ^{16}O, ^{18}O, ^{23}Na, ^{107}Ag, ^{109}Ag:

a) a coluna da tabela periódica a que pertencem;

b) o número atômico;

c) o número de massa;

d) o número de prótons;

e) o número de elétrons;

f) o número de nêutrons.

atividade 4

Energia de ionização, níveis de energia e a tabela periódica

Já discutimos anteriormente a formação de íons monoatômicos (íons formados por um átomo). Para que os íons positivos sejam formados, é necessário fornecer energia ao átomo. Essa energia é conhecida como **energia de ionização**, que é a energia necessária para a remoção de um elétron de um átomo no estado gasoso. A quantidade de energia pode ser expressa para um único elétron retirado de um único átomo; nesse caso, a unidade da energia de ionização é o elétron-volt (eV). Quando se considera a quantidade de energia necessária para retirar um mol de elétrons de um mol de átomos, a energia de ionização é expressa em quilojoule por mol (kJ/mol). O mol é uma grandeza usada pelos químicos para a quantidade de matéria e será discutida nos capítulos posteriores.

É comum nos referirmos à energia de ionização associada ao elétron que está sendo removido do átomo. Assim, dizemos "primeira energia de ionização para o magnésio" quando nos referimos à energia necessária para a retirada do elétron mais energético de um átomo de magnésio, ou seja, o elétron que ocupa o "degrau mais alto da escada". A segunda energia de ionização diz respeito à energia necessária para retirar o segundo elétron mais energético, e assim por diante.

No quadro 6.5, listamos as 12 energias de ionização necessárias à retirada dos 12 elétrons do magnésio, a partir da primeira energia de ionização. Lembrem-se de que o magnésio tem número atômico (Z) igual a 12, o que significa que o átomo neutro tem 12 prótons e 12 elétrons.

O elétron-volt (eV) é uma unidade de medida de energia definida como a energia adquirida por um elétron quando é acelerado por uma diferença de potencial elétrico de um volt (V).

Ordem de energia de ionização	Valor de energia de ionização (eV)
1ª	7,6
2ª	15,0
3ª	80,1
4ª	109,3
5ª	141,3
6ª	186,8
7ª	225,0
8ª	328,1
9ª	266,0
10ª	367,5
11ª	1 761,8
12ª	1 962,7

Quadro 6.5
Sucessivos valores de energia de ionização, em elétron-volts (eV), para os 12 elétrons do átomo de magnésio.

Questões

Q25. Usando o quadro 6.5 (da página 187), construam um gráfico do valor de energia de ionização em função da ordem de ionização para as 12 sucessivas energias de ionização do átomo de magnésio. Usem o eixo das abscissas – eixo *x* – para a ordem de energia de ionização e o eixo das ordenadas – eixo *y* – para os valores de energia de ionização.

Q26. Expliquem por que os valores de energia de ionização aumentam sucessivamente.

Q27. Entre que valores de energia de ionização ocorrem as maiores variações?

Q28. Considerando a existência de níveis de energia, conforme o modelo atômico de Bohr, expliquem o que vocês constataram na questão Q27.

Q29. Considerando as respostas das questões Q27 e Q28, façam a previsão para o número máximo de elétrons no primeiro e no segundo níveis de energia.

Q30. Considerando as respostas às questões Q27, Q28 e Q29, desenhem uma representação para o átomo de magnésio, indicando os níveis de energia por círculos concêntricos ao núcleo.

Q31. Localizem o magnésio na tabela periódica e indiquem a linha e a coluna às quais pertence.

atividade 5

Modelo de Bohr e as variações de energia de ionização e dos raios atômicos ao longo da tabela periódica

Um dos grandes feitos do modelo proposto por Niels Bohr foi o de explicar a variação de propriedades dos elementos químicos ao longo das colunas e períodos da tabela periódica.

Nesta atividade, vamos construir gráficos para a variação da energia de ionização e do raio atômico ao longo de uma coluna e de um período da tabela periódica e explicar essas variações em termos do modelo de Bohr.

PARTE A → Primeira energia de ionização dos vinte primeiros elementos químicos

No quadro 6.6, listamos a primeira energia de ionização para os vinte primeiros elementos da tabela periódica (números atômicos de 1 a 20).

Elemento	Número atômico (Z)	Primeira energia de ionização (eV)
H	1	13,6
He	2	24,6
Li	3	5,4
Be	4	9,3
B	5	8,3
C	6	11,3
N	7	14,5
O	8	13,6
F	9	17,4
Ne	10	21,6

Elemento	Número atômico (Z)	Primeira energia de ionização (eV)
Na	11	5,1
Mg	12	7,6
Al	13	6
Si	14	8,2
P	15	10,5
S	16	10,4
Cl	17	13
Ar	18	15,8
K	19	4,3
Ca	20	6,1

Quadro 6.6
Primeira energia de ionização dos vinte primeiros elementos químicos.

Questões

Q32. Façam um gráfico dos valores de energia de ionização em função do número atômico (Z) para os vinte primeiros elementos, apresentados no quadro 6.6. Usem o eixo das abscissas (x) para o número atômico e o eixo das ordenadas (y) para os valores de energia de ionização.

Q33. Observando o gráfico que vocês fizeram, descrevam:

a) como varia a energia de ionização ao longo do segundo e do terceiro períodos da tabela periódica;

b) como varia a energia de ionização ao longo da primeira e da segunda colunas da tabela periódica.

Q34. Considerando o modelo atômico de Bohr, tentem explicar o que vocês constataram na questão Q33(a).

Q35. Considerando o modelo atômico de Bohr, tentem explicar o que vocês constataram na questão Q33(b).

PARTE B → Raios atômicos dos vinte primeiros elementos químicos (com exceção dos gases nobres)

O raio atômico é uma propriedade que não pode ser determinada para átomos isolados. É possível medir a distância média entre os núcleos de dois átomos, em moléculas ou cristais, tomando a metade desse valor como o do raio atômico. As tabelas não exibem valores de raio atômico para os gases nobres de menor número atômico, uma vez que os compostos de gases nobres são raros e produzidos artificialmente.

Avits/Arquivo da editora

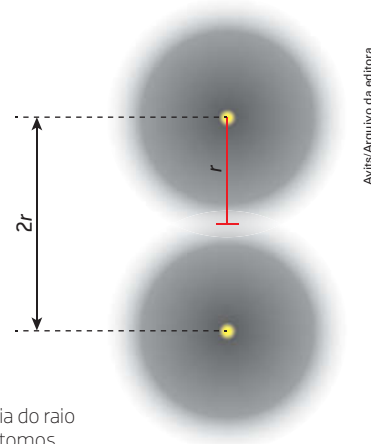



Figura 6.49
Ilustração da distância do raio atômico entre dois átomos.

6

O valor do raio atômico pode ser expresso em angstrons (Å), mas essa não é uma unidade do Sistema Internacional (SI). Os valores dos raios atômicos apresentados no quadro 6.7 são apresentados em picômetros (pm), que é a unidade do SI para raios atômicos.

$$1 Å = 100 \text{ pm}$$

Elemento	Número atômico (Z)	Raio atômico (pm)
H	1	78
Li	3	152
Be	4	111
B	5	80
C	6	77
N	7	75
O	8	73
F	9	71
Na	11	186
Mg	12	160
Al	13	143
Si	14	118
P	15	110
S	16	103
Cl	17	99
K	19	227
Ca	20	197

Quadro 6.7
Raios atômicos dos vinte primeiros elementos químicos (com exceção dos gases nobres).

Questões

Q36. Façam um gráfico dos valores de raio atômico em função do número atômico (Z) para os vinte primeiros elementos, apresentados no quadro 6.7. Usem o eixo das abscissas para o número atômico e o eixo das ordenadas para os valores de raio atômico.

Q37. Observando o gráfico, descrevam:

a) como varia o raio atômico ao longo do segundo e do terceiro períodos da tabela periódica.

b) como varia o raio atômico ao longo da primeira e da segunda colunas da tabela periódica.

Q38. Considerando o modelo atômico de Bohr, tentem explicar o que vocês constataram na questão Q37(a).

Q39. Considerando o modelo atômico de Bohr, tentem explicar o que vocês constataram na questão Q37(b).

texto 12

O modelo de Bohr e a explicação das propriedades periódicas

A proposta de Mendeleev de um quadro, contendo os elementos químicos, que evidenciasse a periodicidade de suas propriedades – a tabela periódica – foi uma das grandes contribuições para a sistematização dos conhecimentos da época sobre propriedades físicas e químicas das substâncias formadas pelos elementos químicos. Como já comentamos, o trabalho de Mendeleev foi tão preciso que permitiu antecipar propriedades de elementos que eram ainda desconhecidos, para os quais o químico russo deixou lugares não preenchidos em sua tabela.

Typische Elemente							
			K = 39	Rb = 85	Cs = 133	—	—
			Ca = 40	Sr = 87	Ba = 137	—	—
			—	?Yt = 88?	?Di = 138?	Er = 178?	—
			Ti = 48?	Zr = 90	Ce = 140?	?La = 180?	Th = 231
			V = 51	Nb = 94	—	Ta = 182	—
			Cr = 52	Mo = 96	—	W = 184	U = 240
			Mn = 55	—	—	—	—
			Fe = 56	Ru = 104	—	Os = 195?	—
			Co = 59	Rh = 104	—	Ir = 197	—
			Ni = 59	Pd = 106	—	Pt = 198?	—
H = 1	Li = 7	Na = 23	Cu = 63	Ag = 108	—	Au = 199?	—
	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65	Cd = 112	—	Hg = 200	—
	B = 11	Al = 27,3	—	In = 113	—	Tl = 204	—
	C = 12	Si = 28	—	Sn = 118	—	Pb = 207	—
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	—	Bi = 208	—
	O = 16	S = 32	Se = 78	Te = 125?	—	—	—
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	J = 127	—	—	—

SPL/ Latinstock

Figura 6.50
Reprodução da tabela proposta por Mendeleev, em 1869.

Apesar de toda essa precisão, esse foi um trabalho baseado apenas no conhecimento empírico, disponível na época, sobre as propriedades das substâncias. Na época de Mendeleev, não era possível explicar a razão da periodicidade das propriedades físicas e químicas dos elementos. Os primeiros modelos propostos para a estrutura dos átomos – o modelo de Thomson e o modelo de Rutherford – também não preencheram essa lacuna.

Na Atividade 4 mostramos evidências de que existem níveis de energia no átomo. O gráfico obtido nessa atividade, construído utilizando-se os sucessivos valores de energia de ionização, em eV, para os 12 elétrons do átomo de magnésio, deve ser semelhante ao da figura 6.51 na página a seguir. Note que a linha que une os valores de energia de ionização serve apenas para indicar a tendência na sua variação, pois não tem sentido pensar nessa propriedade para alguma coisa intermediária entre dois elementos químicos.

A partir desse gráfico você pode perceber que existem diferenças mais marcantes entre a segunda e a terceira energias de ionização e, depois, entre a 10ª e a 11ª energias de ionização. Para que você entenda o que está ocorrendo, precisa imaginar que os primeiros elétrons a saírem

dos átomos, aqueles que correspondem à primeira e à segunda energias de ionização, são os elétrons mais energéticos do magnésio. Esses elétrons são mais fracamente ligados ao núcleo que os outros. Por isso um pequeno valor de energia fornecida é suficiente para retirá-los do átomo.

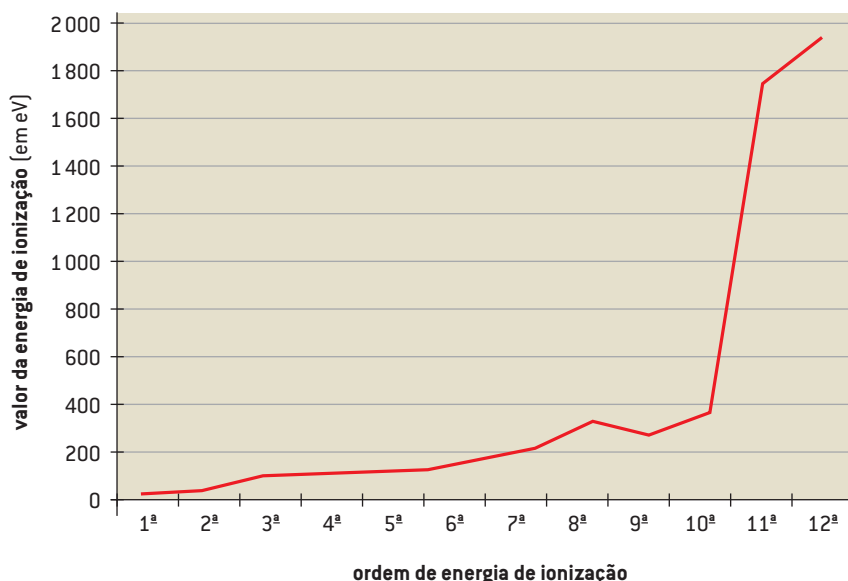



Figura 6.51
Gráfico de sucessivos valores de energia de ionização para os doze elétrons do magnésio.

Ao passarmos para o terceiro elétron, notamos um aumento considerável no valor de energia necessária para retirá-lo do átomo. Isso é uma evidência de que esse terceiro elétron se encontra a uma distância muito menor do núcleo que os dois primeiros. Se você usar a fórmula da força coulombiana:

$$F = k\frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

irá perceber que, do ponto de vista da carga elétrica, não haveria uma justificativa para o salto entre a segunda e a terceira energias de ionização. Uma justificativa plausível seria uma mudança na distância, do terceiro elétron ao núcleo do átomo. Estamos, portanto, diante de uma evidência de que o elétron correspondente à terceira energia de ionização deve estar num outro nível de energia. O mesmo raciocínio pode conduzir à explicação do salto observado do 10º para o 11º valor de energia de ionização.

Sempre lembrando que a primeira energia de ionização corresponde ao elétron mais fracamente ligado ao núcleo e, portanto, a uma maior distância deste, podemos concluir que a distribuição por níveis de energia do átomo de magnésio é 2-8-2. Isso permite que façamos uma primeira generalização quanto aos níveis de energia e à posição dos átomos na tabela periódica. O período em que um átomo se encontra sempre indica o número de níveis preenchidos pelos elétrons desse átomo. E o número da coluna, no caso das antigas colunas A, indica o número de elétrons no último nível.

Ao mostrar a existência de níveis de energia discretos para os elétrons, e que os átomos dos elementos de um mesmo período da tabela periódica possuem seus elétrons mais energéticos ocupando o mesmo nível de energia, o modelo de Bohr possibilitou explicar a periodicidade de vá-

rias propriedades atômicas, associando o comportamento físico e químico das substâncias à distribuição dos seus elétrons por níveis ou camadas.

Na Atividade 5, pudemos constatar que o raio atômico diminui com o número atômico ao longo de um mesmo período e aumenta com o número atômico ao longo de uma mesma coluna da tabela periódica. Se você fez corretamente o gráfico de raio atômico *versus* número atômico para os primeiros vinte elementos químicos, obteve um gráfico semelhante ao da figura 6.52. Note que a linha que une os valores do raio atômico serve apenas para indicar a tendência na sua variação, pois não tem sentido pensar nessa propriedade para alguma coisa intermediária entre dois elementos químicos.

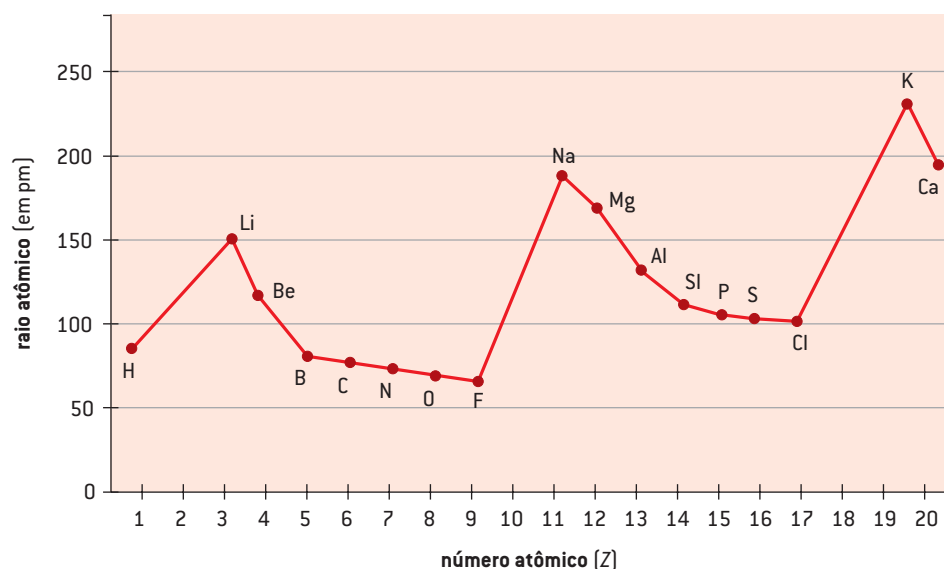



Figura 6.52
Raio atômico (em pm) *versus* número atômico (*Z*) para os primeiros vinte elementos químicos (com exceção dos gases nobres).

Como o modelo de Bohr explica a variação dessas propriedades?

Observe a tabela periódica. Ao descermos ao longo de uma de suas colunas, por exemplo as colunas 1 e 2, há um aumento no raio atômico dos elementos. De acordo com o modelo de Bohr, para cada novo período da tabela os elétrons dos átomos começam a preencher um novo nível de energia; assim, se compararmos o hidrogênio, o lítio, o sódio e o potássio, em termos de distribuição eletrônica por níveis, teríamos a representação apresentada na figura 6.53.

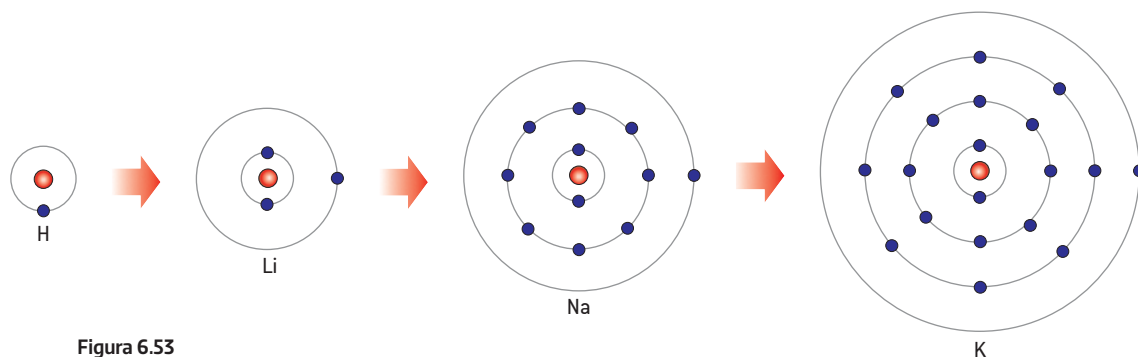



Figura 6.53
Representação para os raios crescentes dos átomos da 1ª coluna da tabela periódica.

6

Como podemos explicar que, ao longo de um período, o raio atômico diminua com o aumento do número atômico, como acontece do lítio até o flúor, no segundo período da tabela, ou do sódio até o cloro, no terceiro período?

À primeira vista, isso parece surpreendente, pois o número de elétrons aumenta com o número atômico e seria razoável esperar que, quanto maior o número de elétrons, maior o raio atômico. Como, ao longo de um período, os elétrons estão sendo distribuídos num mesmo nível de energia, poderíamos imaginar que estão ocupando uma região da eletrosfera que está, aproximadamente, à mesma distância do núcleo. Com o aumento do número atômico, aumenta o número de prótons no núcleo e, consequentemente, a carga nuclear. Dessa maneira, os elétrons que vão sendo distribuídos nesse mesmo nível são cada vez mais fortemente atraídos pelo núcleo, e o raio atômico diminui.

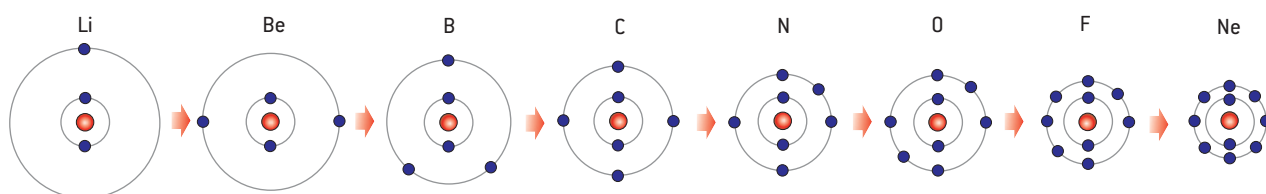



Figura 6.54
Representações para os raios decrescentes dos átomos da segunda linha da tabela periódica.

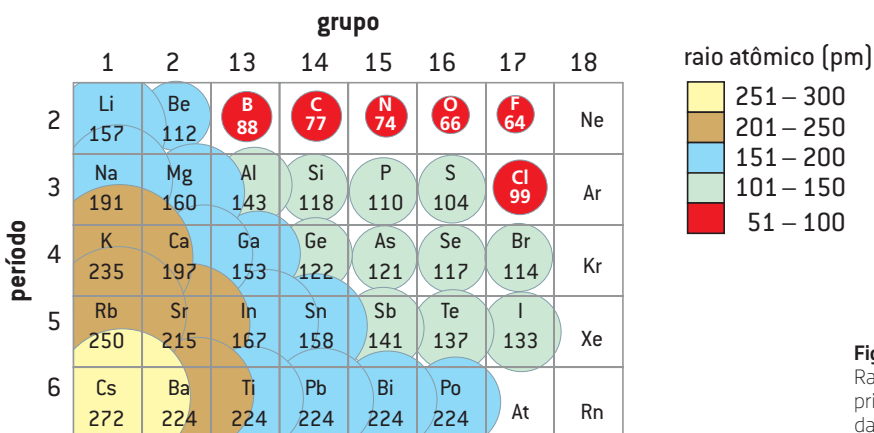



Figura 6.55
Raio atômico (em pm) para os principais grupos de elementos da tabela periódica.

Com base nessa explicação para a variação do raio atômico, é bem mais fácil compreender a variação da energia de ionização ao longo de uma coluna e de um período da tabela periódica. Na Atividade 5, pudemos constatar que a energia de ionização, em geral, aumenta com o número atômico ao longo de um mesmo período e diminui com o número atômico ao longo de uma mesma coluna da tabela periódica. Note que essa variação é justamente o inverso da que ocorre com o raio atômico. Se você fez corretamente o gráfico de energia de ionização *versus* número atômico para os primeiros vinte elementos químicos, obteve um gráfico semelhante ao da figura 6.56. Note que a linha que une os valores da energia de ionização é apenas para indicar a tendência na variação da energia de ionização, pois não tem sentido pensar nessa propriedade para algo intermediário entre dois elementos químicos.

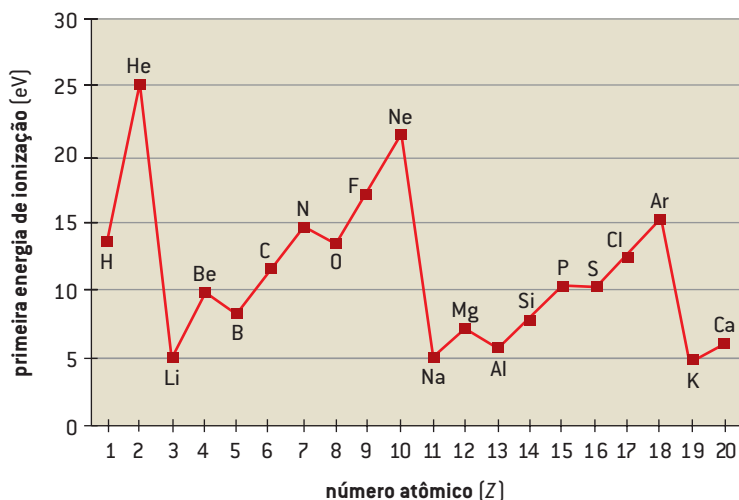



Figura 6.56
Energia de ionização (em eV) *versus* número atômico (Z) para os primeiros vinte elementos químicos.

Se o raio atômico aumenta ao longo de uma mesma coluna da tabela periódica, é de esperar que a energia de ionização diminua ao longo da coluna, pois os elétrons, estando cada vez mais distantes do núcleo, ficam cada vez mais fracamente ligados, sendo, portanto, necessário fornecer menos energia para arrancá-los.

A ideia é válida também para a variação da energia de ionização ao longo de um mesmo período. Se o raio atômico diminui ao longo do período, isso significa que os elétrons vão ficando cada vez mais fortemente ligados, crescendo, portanto, a energia de ionização.

Ao observar as energias de ionização para o átomo de magnésio, podemos concluir que ele possui elétrons distribuídos em três níveis de energia. Se localizarmos esse elemento na tabela periódica, vamos perceber que ele está ocupando uma posição na terceira linha. Isso coincide com o número de níveis ocupados. Ele também está localizado na coluna 2, o que corresponde ao número de elétrons existentes no último nível.

texto 13

O modelo atual – comportamento dual do elétron, incerteza e orbital

O modelo de Bohr continua válido para explicar a maioria das propriedades atômicas que estudaremos no nosso curso de Química. Historicamente, no entanto, o modelo de Bohr não perdurou por muito tempo. Ao longo da década de 1920, os físicos construiriam um novo modelo para o átomo, que significaria uma verdadeira revolução científica e mostraria que a mecânica clássica definitivamente não poderia ser aplicada ao mundo subatômico. A imagem que emergiria desse esforço científico revelaria aspectos do mundo submicroscópico bastante estranhos aos nossos olhos acostumados com o mundo macroscópico.

No modelo de Bohr, a quantização de energia é introduzida como uma hipótese adicional ao modelo de Rutherford. Mantém-se, no entanto, a ideia de que os elétrons se comportam como partículas carregadas girando ao redor do núcleo atômico, o que resulta na definição de órbitas para descrever as trajetórias dos elétrons.

Na época em que Bohr propôs seu modelo já se admitia a natureza dual para a luz. Segundo essa ideia, a luz se comportaria tanto como onda quanto como partícula. Em alguns fenômenos luminosos, poderíamos explicar melhor o comportamento da luz se a tratássemos como onda e, em outros, se a tratássemos como corpúsculo (partícula). Essa ideia se tornou tão forte que Louis de Broglie (1892-1987), no início da década de 1920, pensou na possibilidade de atribuir o mesmo comportamento dual aos elétrons. Vejamos o que ele diz sobre esse assunto:

A natureza dual do elétron

"Por um lado, a teoria quântica da luz não pode ser considerada satisfatória pois define a energia de um corpúsculo de luz por uma equação contendo a frequência (υ): $E = h\upsilon$. Mas uma teoria puramente corpuscular não contém nada que nos permita definir uma frequência; portanto é somente por essa razão que somos compelidos, no caso da luz, a introduzir simultaneamente a ideia de corpúsculo e a ideia da periodicidade. Por outro lado, a determinação do movimento estável dos elétrons no átomo introduz números inteiros; e até esse ponto, os únicos fenômenos que envolvem números inteiros em Física são os da interferência e dos tons normais de vibração. Esse fato sugeriu-me a ideia de que os elétrons também não podiam ser considerados simplesmente como corpúsculos, mas que também a periodicidade lhes deve ser atribuída."

DE BROGLIE, Louis. *Les Prix Nobel en 1929*. In: SEGRÈ, Emílio. *Dos raios X aos* quarks. Brasília: Editora da UnB, 1980. p. 155.

Note que, no texto, Louis de Broglie se refere ao comportamento ondulatório em termos da "ideia de periodicidade". Por outro lado, os números inteiros de que fala – "[...] a determinação do movimento estável dos elétrons no átomo introduz números inteiros [...]" – correspondem aos níveis de energia dos elétrons no modelo de Bohr.

Figura 6.57
Louis de Broglie.

Ao associar uma onda ao elétron, que assim passaria também a ser compreendido como tendo um comportamento dual – de partícula e de onda –, Louis de Broglie "abriu as portas dos átomos" ao tratamento da mecânica ondulatória, que era então aplicada apenas aos fenômenos ondulatórios. O método matemático de quantização proposto por De Broglie não teve muito sucesso, mas sua ideia básica estimulou Erwin Schrödinger (1887-1961) a propor uma equação de ondas para o elétron, que resultaria no modelo atômico atualmente aceito.

Na década de 1920, houve um grande desenvolvimento da Física, que culminou com o estabelecimento da teoria da **mecânica quântica**. O modelo atômico que emergiria do esforço dessa geração de físicos iria abandonar as ideias de órbita e, por conseguinte, de trajetória para descrever o comportamento do elétron. Em quatro lugares diferentes da Europa – Göttingen, Copenhague, Cambridge e Zurique –, físicos chegariam a diferentes formulações para essa nova mecânica

quântica. As formulações de Werner Heisenberg (1901-1976) – que seriam aplicadas por Wolfgang Pauli (1900-1958) ao átomo de hidrogênio – e de Paul Dirac (1902-1984) foram propostas mais ou menos na mesma época em que era desenvolvida por Erwin Schrödinger a equação de onda associada ao elétron.

Talvez por descrever o elétron como uma onda, fenômeno já bastante conhecido na época, a equação de Schrödinger tornou-se muito mais popular que as outras descrições do mesmo fenômeno. Um problema, no entanto, persistia: a solução da equação de Schrödinger, que descrevia o comportamento das partículas, resultava numa grandeza ondulatória – a função de onda ψ (*psi*).

Reprodução/Arquivo da editora

Figura 6.58
Erwin Schrödinger.

Qual é o significado físico de uma onda associada a uma partícula – o elétron?

Em 1926, Max Born (1882-1970) propôs que o quadrado do módulo da função de onda ($|\psi|^2$) poderia ser interpretado como a densidade de probabilidade eletrônica, isto é, como a probabilidade de encontrar o elétron em uma região da eletrosfera. Dessa forma, a aplicação de uma equação de onda ao elétron resultaria numa **descrição probabilística** dele.

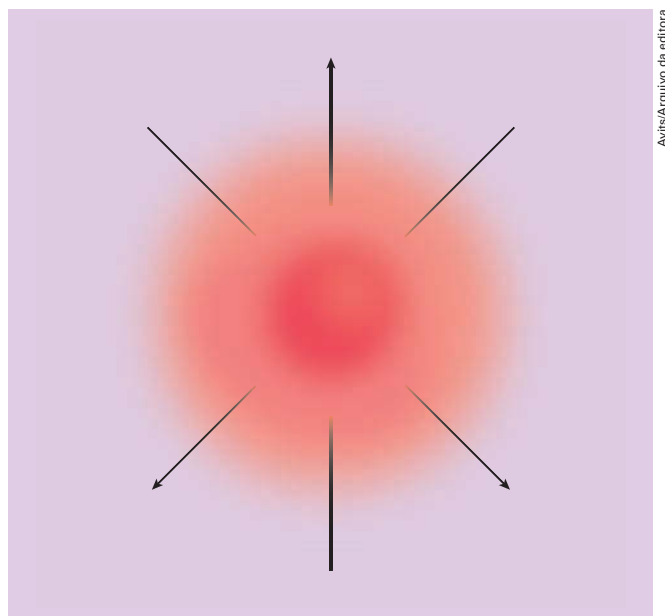
Essa descrição probabilística resulta na ideia de **orbital**, definido como a região mais provável de encontrar um elétron a certa distância do núcleo. Para o átomo de hidrogênio no estado fundamental, essa descrição pode ser representada como:

Avits/Arquivo da editora

Figura 6.59
Representação do orbital 1s para o átomo de hidrogênio segundo o modelo atual.

Note que um orbital, coerente com a ideia de uma descrição probabilística, é uma região do espaço que não tem fronteiras bem delimitadas. Há outras formas possíveis de orbitais, que correspondem a outros estados quânticos (ψ) do elétron. Normalmente, nos referimos a esses diferentes orbitais usando as letras ***s***, ***p***, ***d*** e ***f***.

6

É importante lembrar que, no modelo de Bohr, apenas a energia total do elétron estava quantizada (energia apenas com valores discretos), o que resultava na ideia de níveis de energia associados a um único número inteiro, chamado de **número quântico**. No modelo atual, existem quatro números quânticos associados a cada elétron, o que torna a descrição mais complexa.

Associada a toda essa complexidade, a natureza dual das partículas subatômicas resulta em uma incerteza nunca antes imaginada. Normalmente, a ideia de incerteza, na ciência, aparece associada à ausência de precisão em razão de erros causados por imperfeição de instrumentos de medida ou pelos limites da capacidade de observação humana. A incerteza associada aos elétrons e outras partículas, no entanto, é algo inerente à escala dos fenômenos quânticos. A formulação dessa incerteza se tornou um princípio, que ficou conhecido como o **Princípio de Incerteza de Heisenberg**.

A grande diferença entre o modelo de Bohr e o modelo atual é que o primeiro ainda lidava com ideias intuitivas tiradas de analogias com outras teorias clássicas, como a ideia de órbita, ao passo que o segundo suprimiu muitas dessas ideias.

As dificuldades da mecânica quântica

Em 1927, foi realizada uma Conferência Internacional de Física, em Como (Itália), e algumas semanas mais tarde se reuniria, em Bruxelas, o Conselho de Solvay. Essas duas reuniões científicas são consideradas a inauguração oficial da mecânica quântica. Para ter uma ideia das dificuldades de compreensão que a descrição probabilística e o Princípio de Incerteza causavam aos físicos da época, Einstein, durante o Conselho de Solvay, tentou de várias maneiras imaginar contraexemplos e experiências de pensamento que pudessem colocar em dificuldade a nova teoria da mecânica quântica. Nessas experiências de pensamento, Einstein recorria a experimentos físicos imaginários a partir da teoria quântica, dos quais resultavam ideias contraintuitivas acerca da realidade física.

Convicto na sua crença de que "Deus não joga dados", como escreveu em carta particular a Max Born, Einstein se opôs à descrição da mecânica quântica formulada pelo grupo da chamada Escola de Copenhague, que tinha em Bohr seu principal articulador. A polêmica iniciada nesses dois congressos se arrastou pelos anos 1930 e resultou em vários lances famosos, como a publicação, em 1935, de dois artigos sob o mesmo título: "Pode a descrição quântica da realidade física ser considerada completa?".

O primeiro deles, publicado por Einstein, Podolsky (1896-1966) e Rosen (1909-1995), resultaria num paradoxo famoso discutido até os dias atuais: o paradoxo EPR. No segundo deles, Bohr tenta desconstruir os argumentos de Einstein e seus colaboradores usando um novo argumento que se tornou uma das bases para a compreensão da mecânica quântica: a noção de complementaridade.

Toda essa discussão tem por base uma formulação matemática bastante avançada, que está muito além dos objetivos de um curso introdutó-

a
Fotos: Emilio Segre Visual Archives/American Institute of Physics/SPL/Latinstock

b
Figura 6.60
a) Boris Podolsky.
b) Nathan Rosen.

rio de Química. Assim, evitamos entrar em muitos detalhes sobre algumas características do modelo atual, pois isso significaria fazer simplificações que nem sempre ajudam a compreender a natureza da descrição da realidade atômica fornecida pela mecânica quântica. Como já afirmamos, o modelo de Bohr continua válido para explicar a maioria das propriedades com que trabalharemos no nosso curso introdutório de Química e na maioria das vezes nos restringiremos a seu uso. Vez por outra poderemos lançar mão da ideia de orbital, mas apenas para descrever uma região do espaço correspondente à maior probabilidade de se encontrar o elétron.

texto 14

Números quânticos, distribuição eletrônica e a organização da tabela periódica moderna

Como já tivemos oportunidade de comentar, diferentemente do modelo de Bohr, no modelo atômico atual não apenas a energia total do elétron está quantizada, mas também seu *momentum* angular, seu *momentum* magnético e ainda uma quarta grandeza chamada *spin*.

Não é preciso que você se preocupe, num curso introdutório de Química, com o significado de todos esses nomes. O mais importante é lembrar que, em qualquer átomo, cada elétron, em vez de ser caracterizado apenas por um número quântico correspondente ao nível de energia, como acontecia no modelo de Bohr, passa a ser caracterizado por quatro números quânticos. Cada elétron possui um conjunto distinto de quatro números quânticos, o que significa que dois elétrons num mesmo átomo nunca terão os mesmos valores para esses números. Eles devem diferir em pelo menos um dos números quânticos. Essa é uma forma simples de enunciar o **Princípio de Exclusão de Pauli**, que explica a distribuição dos elétrons na estrutura atômica.

Vamos tentar dar uma ideia de cada um desses quatro números quânticos. O primeiro deles, o **número quântico principal**, a exemplo do número quântico do modelo de Bohr, está relacionado ao nível de energia do elétron. Indicamos esse número quântico pela letra ***n***, que assume valores de número inteiros, 1, 2, 3, etc., como no modelo de Bohr.

O segundo número quântico, que chamaremos de **número quântico do *momentum* angular orbital**, está relacionado aos subníveis de energia dentro de um mesmo nível. Ele é designado pela letra ***l*** e pode assumir valor que vai de **zero** até ***n* – 1**, em que ***n*** é o número quântico principal. Esse segundo número quântico pode ser associado à forma do orbital. Associamos aos valores de $l = 0, 1, 2$ e 3, respectivamente, as letras *s*, *p*, *d*, *f*. Já vimos que os orbitais ***s*** têm forma esférica. Já os orbitais ***p*** têm a forma aproximada de dois balões (bexigas) ligados.

6

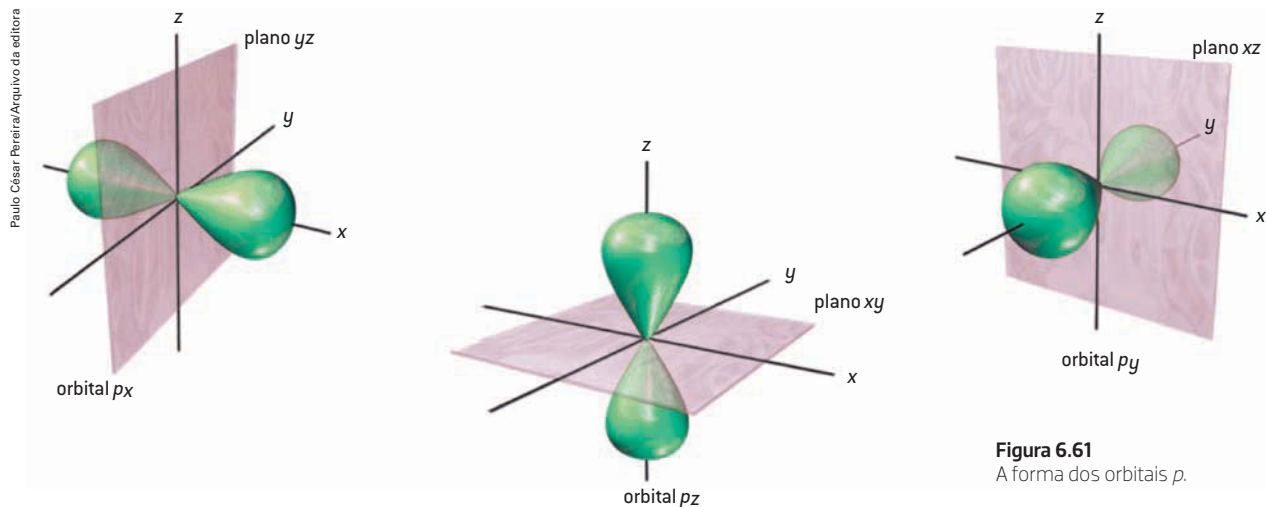



Figura 6.61
A forma dos orbitais *p*.

Para os orbitais pertencentes aos subníveis *d* e *f*, as formas são bem mais complicadas e não vamos descrevê-las aqui. Lembre-se de que já comentamos que a ideia de forma dos orbitais resultou da aplicação de uma equação de onda a uma partícula, que é o elétron. Na tentativa de fornecer um significado físico a essa ideia, o orbital pode ser interpretado como a região na qual é maior a probabilidade de encontrar o elétron a uma certa distância do núcleo; por isso, ele pode ser associado a uma forma espacial.

Como já dissemos, a descrição quântica do átomo, no modelo atômico atual, não é intuitiva. Um exemplo disso é que não é conveniente pensar no elétron como uma partícula "circulando" pela região definida pelo orbital. Se pensarmos na forma do orbital *p*, considerando que as suas duas regiões indicadas na figura 6.61 não têm pontos em comum, ou seja, a probabilidade de que o elétron seja encontrado entre essas duas regiões é nula, imediatamente surgiria a pergunta:

Como o elétron passa de uma região do orbital *p* para a outra?

Essa pergunta não tem sentido na descrição do comportamento do elétron feita pela mecânica quântica. O elétron não passa de uma região para outra, ele não deve ser pensado apenas como uma partícula, mas sim como uma "partícula-onda". Nesse sentido, uma resposta aproximada para essas indagações seria a de dizer que o elétron não circula no espaço descrito pelo orbital *p*. O elétron, de certa forma, é esse espaço.

O terceiro número quântico, o **número quântico magnético**, indica o orbital individual em que um elétron se encontra dentro de um certo subnível de energia. Os valores que ele pode assumir estão relacionados com o valor do número quântico orbital. Designamos o número quântico magnético pela letra ***m***, que pode variar de $-l$ até $+l$, passando pelo valor zero, no qual l é o valor do número quântico orbital. Assim, se l é igual a zero (no caso do subnível *s*), m também é igual a zero. Isso indica que o subnível *s* tem apenas um orbital, cujo número quântico magnético é igual a zero. Por outro lado, se l é igual a 1 (no caso do subnível *p*), m terá valores de -1, 0 e $+1$, que correspondem aos três orbitais *p* (p_x, p_y e p_z). Isso indica que o subnível *p* tem três orbitais, cujos números quânticos magnéticos são -1, 0 e $+1$, como indicado na figura 6.61.

Para concluir a apresentação dos números quânticos, o quarto entre eles é chamado de **número quântico magnético *spin***, que pode ter dois valores: $-\frac{1}{2}$ e $+\frac{1}{2}$. O *spin* do elétron muitas vezes é interpretado como o sentido da rotação do elétron em torno de seu eixo, o que não é muito adequado, pois implica assumir que o elétron é apenas uma partícula. Esse modelo implica a concepção do elétron como onda. Dois elétrons num mesmo nível, subnível e orbital necessariamente têm *spins* opostos, o que está relacionado ao Princípio de Exclusão de Pauli, que estabelece que dois elétrons num mesmo átomo não podem ter os quatro números quânticos idênticos.

Uma das consequências do Princípio de Exclusão de Pauli é a de que cada orbital comporta, no máximo, dois elétrons, um com *spin* $+\frac{1}{2}$ e outro com *spin* $-\frac{1}{2}$. O subnível *s*, portanto, comporta no máximo dois elétrons. Já o subnível *p*, para o qual $l = 1$, tem três orbitais, com números quânticos magnéticos iguais a –1, 0 e +1, e comporta no máximo seis elétrons. Seguindo essa lógica, para os subníveis *d* e *f*, chegaríamos à conclusão de que o subnível *d* tem cinco orbitais, com valores de *m* iguais a –2, –1, 0, +1, +2, e comporta, no máximo, dez elétrons; e que o subnível *f* tem sete orbitais, com valores de *m* iguais a –3, –2, –1, 0, +1, +2, +3, e comporta no máximo 14 elétrons.

A figura 6.62 sintetiza o que foi discutido até aqui, e mostra o arranjo dos níveis, subníveis e orbitais para os quatro primeiros níveis de um átomo e os correspondentes números quânticos.

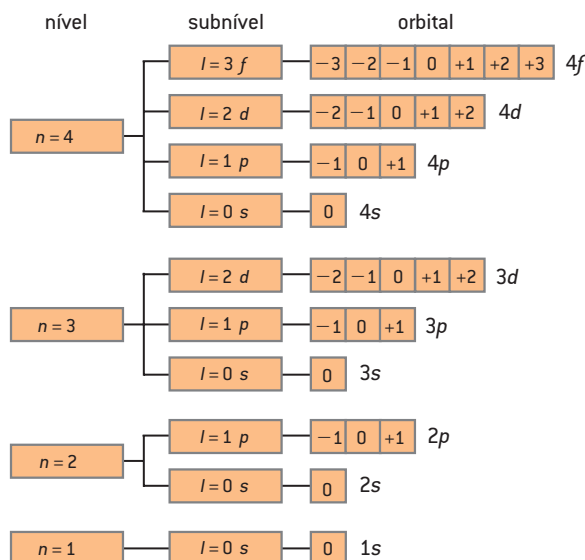



Figura 6.62
Arranjo dos níveis, subníveis e orbitais para os quatro primeiros níveis.

Distribuição eletrônica por níveis e subníveis

Com essas informações, podemos pensar em como distribuir os elétrons em um átomo por níveis e subníveis de energia. Essa distribuição vai ser importante porque permite entender a lógica da tabela periódica moderna e constatar que átomos de elementos, numa mesma coluna, têm configuração eletrônica semelhante para os elétrons situados no último nível de energia (**elétrons de valência**).

A ordem de energia dos níveis e subníveis corresponde aproximadamente à ordem em que foram apresentados na figura com os arranjos dos níveis, subníveis e orbitais, de baixo para cima. Devemos levar em consideração também a capacidade máxima de cada subnível: dois elétrons para o subnível *s*, seis elétrons para o subnível *p*, dez elétrons para o subnível *d* e catorze elétrons para o subnível *f*.

Assim, se formos distribuir os elétrons do átomo neutro de **cálcio**, que tem vinte elétrons, por níveis e subníveis de energia, teremos dois elétrons ocupando o orbital do subnível 1*s*, dois elétrons no orbital do subnível 2*s*, seis elétrons nos três orbitais do subnível 2*p*, dois elétrons no orbital do subnível 3*s*, seis elétrons nos três orbitais do subnível 3*p* e, surpreendentemente, os últimos dois elétrons ocupando o orbital do subnível 4*s* e não do 3*d*, como seria de esperar se a ordem da figura com os níveis e subníveis estivesse sendo obedecida até o final da distribuição. O que acontece, nesse caso, é que há uma inversão na ordem de energia entre o subnível *d* do terceiro nível e o subnível *s* do quarto nível, de modo que o último tem energia mais baixa do que o primeiro; por isso, os dois últimos elétrons do cálcio vão ocupar o subnível 4*s* e não o 3*d*.

Note que essas inversões na ordem de energia acontecem para os elétrons mais energéticos de um átomo, chamados de elétrons de valência. Esses elétrons serão distribuídos por último. Para um átomo de estrôncio, por exemplo, que está na mesma coluna do cálcio, essa inversão na ordem de energia vai acontecer entre os subníveis 5*s* e 4*d*, mas não entre 4*s* e 3*d*. Esses últimos, no caso do estrôncio, não são elétrons de valência e, portanto, seguem a ordem de energia normalmente, ou seja, o 3*d* tem menos energia do que o 4*s*.

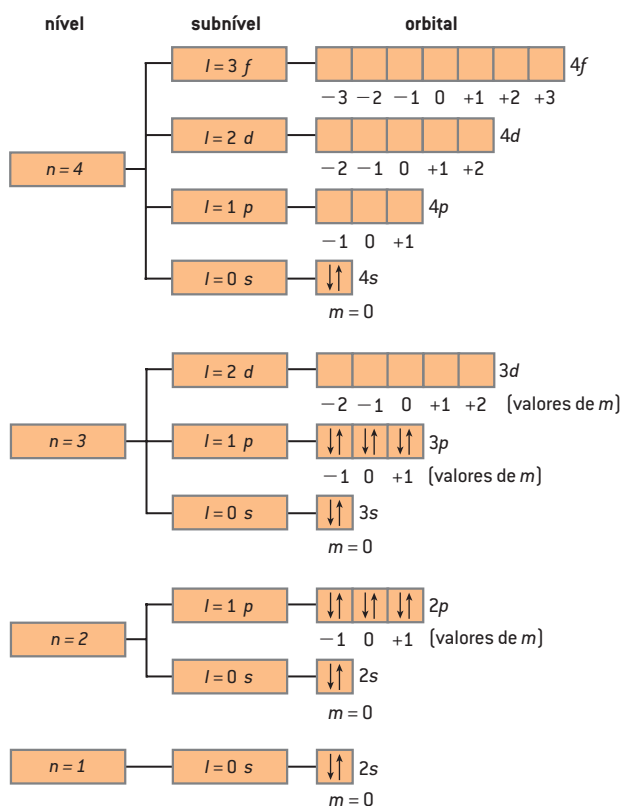



Figura 6.63
Distribuição eletrônica do cálcio. Note que cada elétron tem um estado quântico único, determinado pelos quatro números quânticos.

Existe um diagrama que nos ajuda a distribuir os elétrons por níveis e subníveis levando em consideração essas inversões na ordem de energia dos diferentes subníveis em que são distribuídos os elétrons de valência. É conhecido como **diagrama de Pauling** em homenagem ao químico Linus Pauling (1901-1994), que deu várias contribuições para a aplicação da mecânica quântica à Química. A figura 6.64 apresenta esse diagrama. Se você seguir a ordem dos subníveis indicada pelas linhas com setas, será capaz de fazer a distribuição eletrônica adequada para a maioria dos átomos que constituem a tabela periódica. Há algumas exceções, mas não vamos nos ater a elas. Note que você deverá se lembrar da capacidade de cada subnível, que está relacionada ao número de orbitais em cada um. Assim, os subníveis *s* têm capacidade para dois elétrons; os subníveis *p*, para seis elétrons; os *d*, para dez; e os *f*, para catorze elétrons. Usando o diagrama de Pauling e a notação adequada para escrever a distribuição eletrônica, na qual o número de elétrons em cada subnível é indicado por um número colocado como expoente à letra que indica o subnível, temos a seguinte representação para a distribuição eletrônica do átomo neutro de cálcio, que tem vinte elétrons. Lembre-se de que o número de elétrons, para qualquer átomo neutro, é igual ao número de prótons, indicado pelo número atômico do elemento químico, Z:

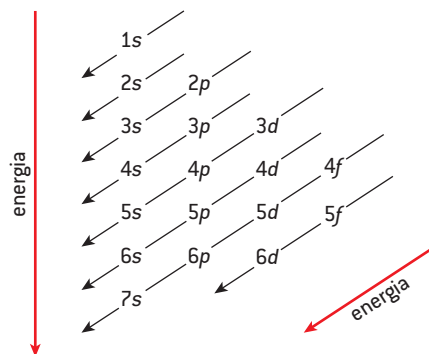



Figura 6.64
Diagrama de Pauling para distribuição eletrônica por níveis e subníveis.

Distribuição eletrônica do cálcio → $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2$

Se somarmos os expoentes, obteremos o número de elétrons num átomo neutro de cálcio, que é igual ao seu número atômico, $Z = 20$.

atividade 6

A distribuição eletrônica por níveis e subníveis e a tabela periódica moderna

Nesta atividade você vai ter a oportunidade de praticar o uso do diagrama de Pauling e, ao mesmo tempo, começar a perceber como a distribuição eletrônica por subníveis explica algumas das regularidades encontradas na tabela periódica. Faça, individualmente, em seu caderno.

A11 Localize o magnésio (Mg) e o cálcio (Ca) na tabela periódica.

a) Em que coluna estão esses elementos?

b) Faça a distribuição eletrônica por subníveis para átomos neutros desses dois elementos. Identifique os elétrons que se encontram no último subnível preenchido.

c) O que você pode constatar ao comparar os últimos subníveis preenchidos dos átomos de Mg e Ca?

d) Observe o nível de energia em que foram distribuídos os últimos elétrons do Mg e do Ca e o período (linha horizontal) em que eles se encontram na tabela periódica. O que você pode constatar?

e) Considerando que o magnésio e o cálcio formam cátions com carga +2 (Ca^{2+} e Mg^{2+}) e que, para formar esses cátions, perdem os elétrons de valência, indique o nível e o subnível dos elétrons que foram perdidos para formar esses cátions. Qual seria a distribuição eletrônica dos cátions Ca^{2+} e Mg^{2+}?

A12 Localize o sódio (Na) e o potássio (K) na tabela periódica.

a) Em que coluna estão esses elementos?

b) Faça a distribuição eletrônica para átomos neutros desses dois elementos. Identifique os elétrons que se encontram no último subnível preenchido.

c) O que você pode constatar ao comparar os últimos subníveis preenchidos dos átomos de K e Na?

d) Observe o nível de energia em que foram distribuídos os últimos elétrons do K e do Na e o período (linha horizontal) em que eles se encontram na tabela periódica. O que você pode constatar?

e) Considerando que o sódio e o potássio formam cátions com carga +1 (K^{+} e Na^{+}) e que, para formar esses cátions, perdem os elétrons de valência, indique o nível e o subnível dos elétrons que foram perdidos para formar esses cátions. Qual seria a distribuição eletrônica dos cátions Na^{+} e K^{+}?

A13 Localize o alumínio (Al) e o gálio (Ga) na tabela periódica.

a) Em que coluna estão esses elementos?

b) Faça a distribuição eletrônica para átomos neutros desses dois elementos. Identifique os elétrons que se encontram no último subnível preenchido.

c) O que você pode constatar ao comparar os últimos subníveis preenchidos dos átomos de Al e Ga?

d) Observe o nível de energia em que foram distribuídos os últimos elétrons do Al e do Ga e o período (linha horizontal) em que eles se encontram na tabela periódica. O que você pode constatar?

e) Considerando que o alumínio e o gálio formam cátions com carga +3 (Al^{3+} e Ga^{3+}) e que, para formar esses cátions, perdem os elétrons de valência, indique o nível e o subnível dos elétrons que foram perdidos para formar esses cátions. Qual seria a distribuição eletrônica dos cátions Al^{3+} e Ga^{3+}?

A14 Localize os elementos oxigênio (O) e enxofre (S) na tabela periódica.

a) Em que coluna estão esses elementos?

b) Faça a distribuição eletrônica para átomos neutros desses dois elementos. Identifique os elétrons que se encontram no último subnível preenchido.

c) O que você pode constatar ao comparar os últimos subníveis preenchidos dos átomos de O e S?

d) Observe o nível de energia em que foram distribuídos os últimos elétrons do O e do S e o período (linha horizontal) em que eles se encontram na tabela periódica. O que você pode constatar?

e) Considerando que o oxigênio e o enxofre formam ânions com carga −2 (O^{2-} e S^{2-}) e que, para formar esses ânions, ganham elétrons para completar o subnível de valência, indique o nível e o subnível dos elétrons

que foram ganhos para formar esses ânions. Qual seria a distribuição eletrônica dos ânions O^{2-} e S^{2-}?

A15 Localize os elementos cloro (Cl) e bromo (Br) na tabela periódica.

a) Em que coluna estão esses elementos?

b) Faça a distribuição eletrônica para átomos neutros desses dois elementos. Identifique os elétrons que se encontram no último subnível preenchido.

c) O que você pode constatar ao comparar os últimos subníveis preenchidos dos átomos de Cl e Br?

d) Observe o nível de energia em que foram distribuídos os últimos elétrons do Cl e do Br e o período (linha horizontal) em que eles se encontram na tabela periódica. O que você pode constatar?

e) Considerando que o cloro e o bromo formam ânions com carga −1 (Cl^- e Br^-) e que, para formar esses ânions, ganham um elétron para completar o subnível de valência, indique o nível e o subnível do elétron que foi ganho para formar esses ânions. Qual seria a distribuição eletrônica dos ânions Cl^- e Br^-?

A16 Localize os elementos argônio (Ar) e criptônio (Kr) na tabela periódica.

a) Em que coluna estão esses elementos?

b) Faça a distribuição eletrônica para átomos neutros desses dois elementos. Identifique os elétrons que se encontram no último subnível preenchido.

c) O que você pode constatar ao comparar os últimos subníveis preenchidos dos átomos de Ar e do Kr?

d) Observe o nível de energia em que foram distribuídos os últimos elétrons do Ar e do Kr e o período (linha horizontal) em que eles se encontram na tabela periódica. O que você pode constatar?

A17 Localize os elementos ferro (Fe) e rutênio (Ru) na tabela periódica.

a) Em que coluna estão esses elementos?

b) Faça a distribuição eletrônica para átomos neutros desses dois elementos. Identifique os elétrons que se encontram no último subnível preenchido.

c) O que você pode constatar ao comparar os últimos subníveis preenchidos dos átomos de Fe e Ru?

d) Observe o nível de energia em que foram distribuídos os últimos elétrons do Fe e do Ru e o período (linha horizontal) em que eles se encontram na tabela periódica. O que você pode constatar?

A18 Localize os elementos praseodímio (Pr) e protactínio (Pa) na tabela periódica.

a) Em que coluna estão esses elementos?

b) Faça a distribuição eletrônica para átomos neutros desses dois elementos. Identifique os elétrons que se encontram no último subnível preenchido.

c) O que você pode constatar ao comparar os últimos subníveis preenchidos dos átomos de Pr e Pa?

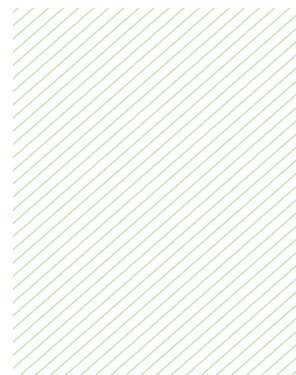
d) Observe o nível de energia em que foram distribuídos os últimos elétrons do Pr e do Pa e o período (linha horizontal) em que eles se encontram na tabela periódica. O que você pode constatar?

A19 Localize os elementos neodímio (Nd) e urânio (U) na tabela periódica.

a) Em que coluna estão esses elementos?

b) Faça a distribuição eletrônica para átomos neutros desses dois elementos. Identifique os elétrons que se encontram no último subnível preenchido.

c) O que você pode constatar ao comparar os últimos subníveis preenchidos dos átomos de Nd e U?

d) Observe o nível de energia em que foram distribuídos os últimos elétrons do Nd e do U e o período (linha horizontal) em que eles se encontram na tabela periódica. O que você pode constatar?

texto 15

Distribuição eletrônica, tabela periódica e elétrons de valência

Ao fazer a Atividade 6, você já deve ter percebido quais são as regularidades com que iremos trabalhar neste texto. Vamos começar comparando a distribuição eletrônica do potássio, do cálcio, do ferro, do gálio e do bromo, todos situados no quarto período (figura 6.65), com a distribuição eletrônica do argônio, que é um gás nobre e, portanto, situado na última coluna (coluna 18, antiga 8A ou 0) do terceiro período. Sempre que nos referirmos às colunas da tabela periódica, usaremos a nomenclatura que é atualmente recomendada pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (Iupac é a sigla em inglês dessa instituição, que entre outras funções estabelece a nomenclatura a ser adotada internacionalmente). Por entender, no entanto, que a nomenclatura antiga é mais esclarecedora, ao fazer com que o número da coluna geralmente coincida com o número de elétrons no último nível, usaremos também essa nomenclatura.

Figura 6.65
Elementos do quarto período.

Considerando a distribuição eletrônica do Ar ($1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$), podemos afirmar que todos os elementos do quarto período têm essa mesma configuração para os seus primeiros 18 elétrons e que diferem somente na configuração dos elétrons que estão sendo distribuídos depois desses primeiros 18.

Assim, podemos representar a distribuição eletrônica do potássio, por exemplo, por: [Ar] $4s^1$. Da mesma forma, podemos representar a distribuição eletrônica do ferro por: [Ar] $3d^6$ $4s^2$. Como o que interessa do ponto de vista da Química são os elétrons de valência, podemos generalizar essas regularidades para todos os elementos químicos e afirmar que a distribuição eletrônica para elementos de um mesmo período terá uma parte de sua configuração comum a todos os elementos desse período e que essa parte, chamada de **cerne da configuração**, é idêntica à do gás nobre (coluna 18, antiga 8A ou 0) do período anterior. Por outro lado, para todos os elementos químicos de um mesmo período, os elétrons mais externos estão distribuídos num nível que tem o mesmo número do período da tabela periódica onde estão localizados esses elementos. No caso dos elementos citados neste parágrafo, esse nível é de número 4 e eles estão todos situados no quarto período.

Uma outra regularidade importante que você deve ter percebido é que, para os átomos dos elementos das colunas 1 e 2 (alcalinos e alcalinoterrosos, figura 6.66, na página 208), o último subnível a ser preenchido é o *s*. Eles diferem dos seus vizinhos em um mesmo período quanto ao número de elétrons de valência nesse subnível (um elétron para os elementos da coluna 1 e dois elétrons para os da coluna 2).

Já para os átomos dos elementos das colunas 13, 14, 15, 16, 17 e 18 (figura 6.67, na página 208), o último subnível a ser preenchido é o *p*. Eles diferem de seus vizinhos quanto ao número de elétrons nesse subnível: um elétron *p* para os elementos da coluna 13 (antiga 3A), dois para os da coluna 14 (antiga 4A), três para os da coluna 15 (antiga 5A), quatro para os da coluna 16 (antiga 6A), cinco para os da coluna 17 (antiga 7A) e finalmente seis, o que indica que o subnível *p* está completo para os gases nobres situados na coluna 18.

Note que, tanto para os elementos das colunas 1 e 2 quanto para os das colunas 13 a 18, a diferença entre seus átomos e aquele da coluna anterior ou posterior está num subnível *s* ou *p* situado no último nível de energia, que é aquele de maior energia. Por outro lado, todos os átomos de elementos situados na mesma coluna têm a mesma configuração eletrônica, nos subníveis, para os seus elétrons de valência. São esses fatos que explicam por que os elementos de uma mesma coluna, no caso das colunas 1 e 2 e de 13 a 18, têm propriedades semelhantes e por que as propriedades variam muito quando se comparam elementos de duas colunas vizinhas. Por isso esses elementos, em seu conjunto, são chamados de **elementos representativos**. A nomenclatura antiga das colunas da tabela periódica realçava esse aspecto ao numerar as colunas dos elementos representativos de 1A a 7A, e a coluna dos gases nobres com o 8A ou o número zero.

Usando o mesmo raciocínio para os elementos das colunas 3 a 12, figura 6.68 (antigas colunas B), vamos verificar que, para os átomos desses elementos, o último subnível a ser preenchido é o *d*, e que a diferença na distribuição eletrônica entre dois átomos de colunas vizinhas (por exemplo, o manganês, da coluna 7, e o ferro, da coluna 8) não está no subnível *s* do nível mais externo ou de maior energia (nesse caso, o subnível 4*s*), mas no *d* do penúltimo nível de energia (nesse caso, o subnível 3*d*).

Figura 6.66
As famílias dos metais alcalinos e metais alcalinoterrosos.

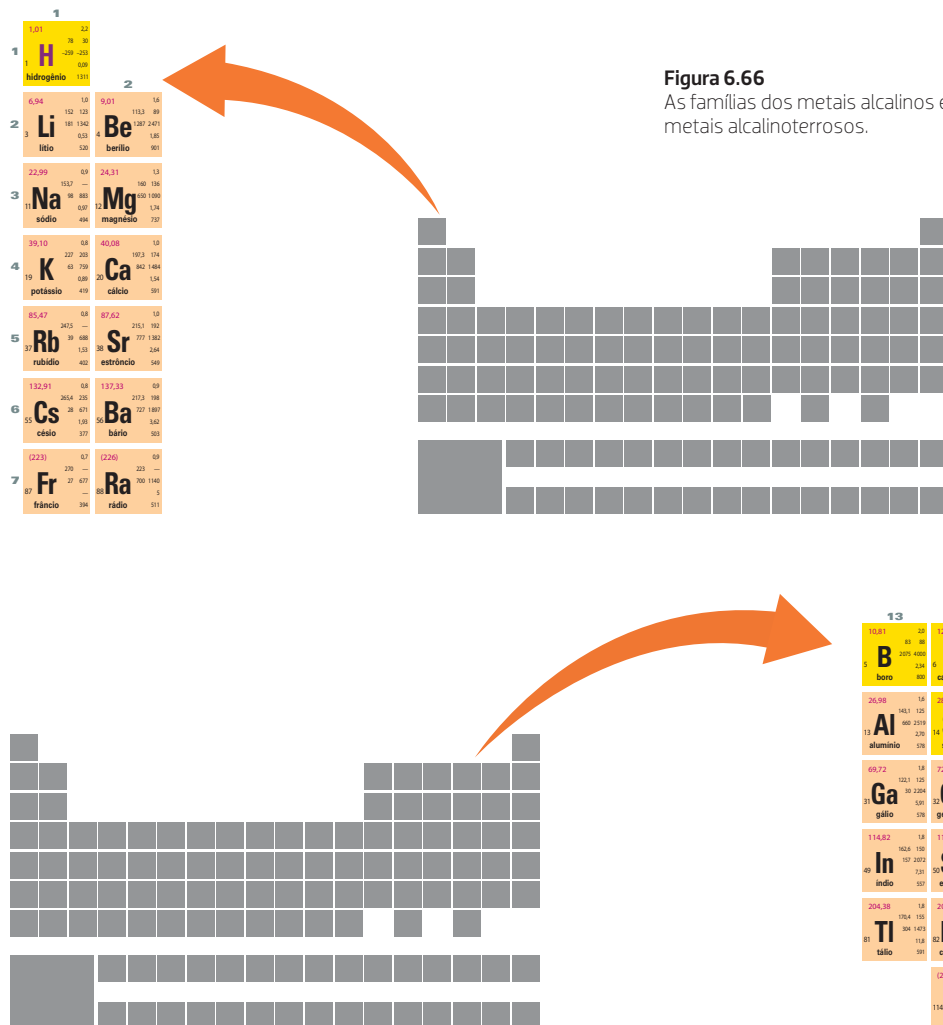
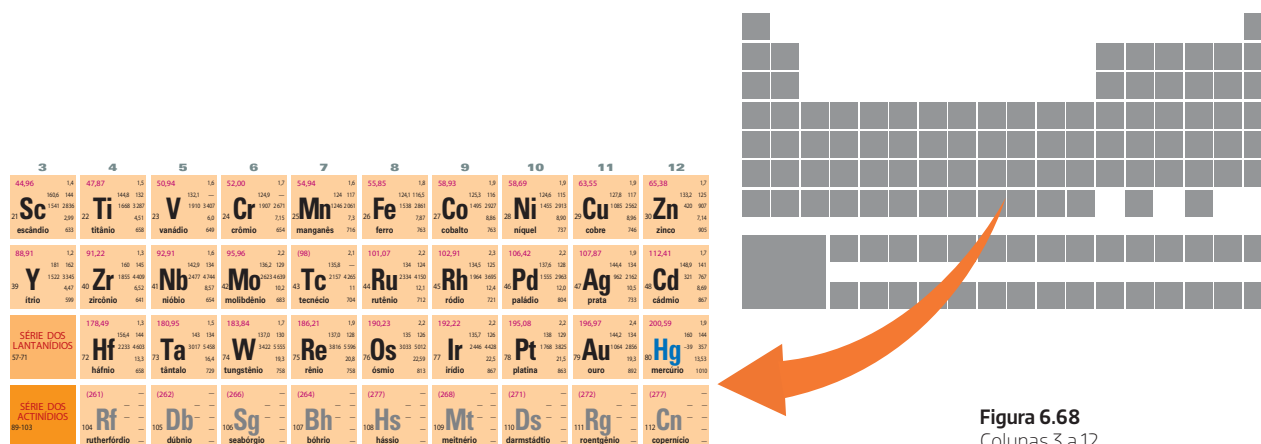



Figura 6.67
Colunas 13, 14, 15, 16, 17 e 18.

Figura 6.68
Colunas 3 a 12.

Diferentemente do que ocorre com os elementos representativos, os elementos numa mesma coluna nessa região da tabela (colunas 3 a 12) não terão as propriedades marcadamente diferentes em relação às colunas vizinhas. Isso ocorre porque a diferença na configuração eletrônica entre os elementos de colunas vizinhas recai sobre os elétrons mais internos, de um nível de energia menor do que o último nível. Os elementos das colunas 3 a 12, que, portanto, diferem entre si no preenchimento de um subnível *d*, interno, são chamados **elementos de transição** ou **metais de transição**, uma vez que todos são metais.

Se compararmos a configuração eletrônica dos átomos de dois elementos vizinhos situados nas séries de lantanídios ou actinídios, como o praseodímio e o neodímio, veremos que o subnível *f* é o último a ser preenchido e que a diferença em suas configurações eletrônicas recai sobre os elétrons situados nesse subnível, que está situado no antepenúltimo nível de energia (nesse caso, o 4*f*). Assim, esses elementos têm a mesma configuração eletrônica para seus elétrons situados no último nível (nesse caso, o 6*s*) e no penúltimo nível (nesse caso, 5*s* e 5*p*). Não há, portanto, nenhuma diferença entre elementos situados num mesmo período no que diz respeito aos elétrons de valência. Como era de esperar, todos esses elementos, situados nas séries de lantanídios ou actinídios, vão ter propriedades muito semelhantes e, por isso mesmo, vários deles são encontrados juntos num mesmo mineral. Esses elementos recebem o nome de elementos de transição interna (figura 6.69). Eles estão todos situados na mesma coluna da tabela periódica (coluna 3). Como não há espaço para escrever todos nessa mesma coluna, eles são colocados à parte da tabela.

6

Figura 6.69
Elementos de transição interna.

Podemos resumir essas observações marcando, na tabela periódica, as diferentes regiões de acordo com o último subnível a ser preenchido e no qual recai a diferença entre elementos consecutivos situados nessas regiões, conforme a figura 6.70.

SÉRIE DOS LANTANÍDIOS

SÉRIE DOS ACTINÍDIOS

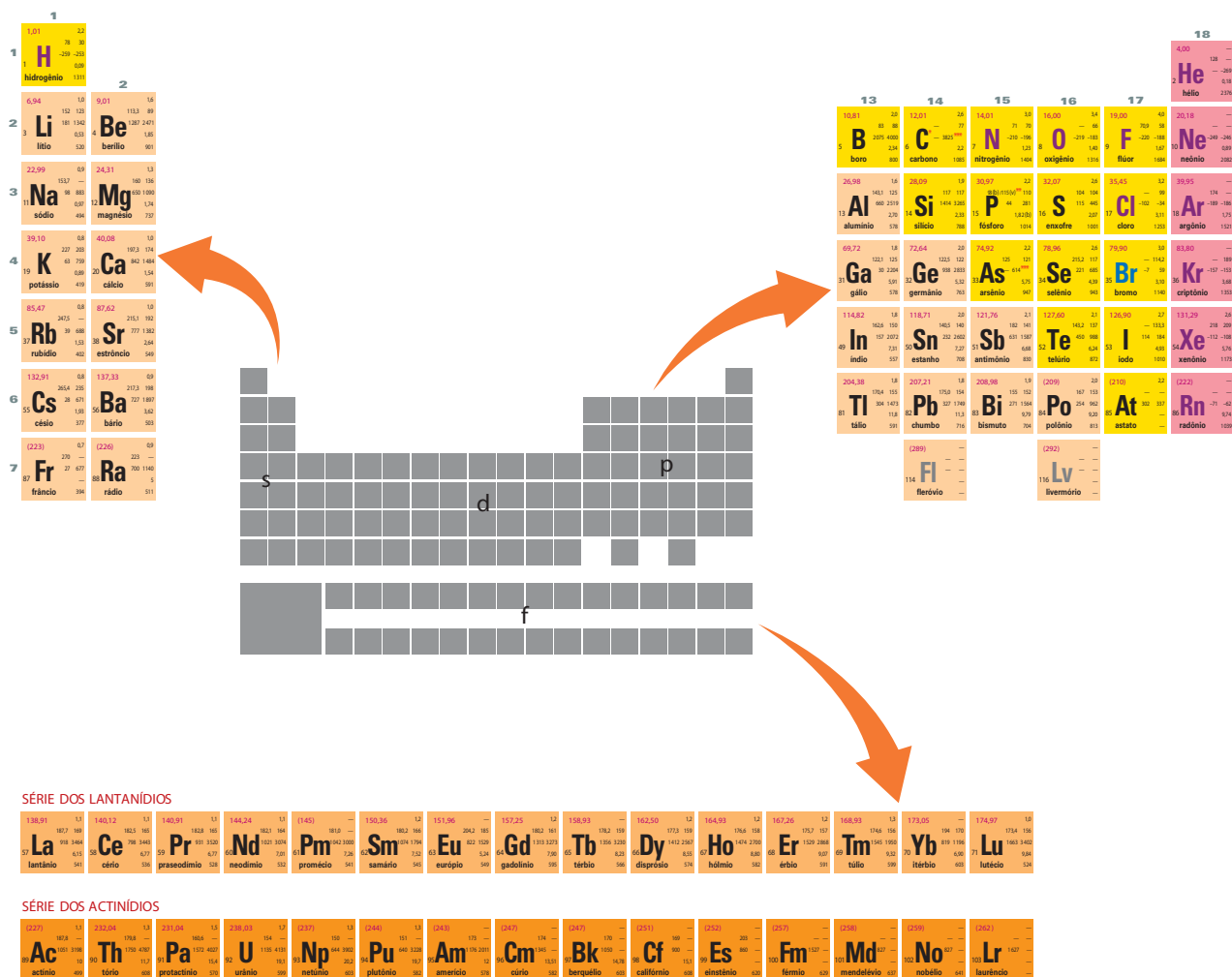



Figura 6.70

As diferentes regiões da tabela periódica, de acordo com o último subnível preenchido por ocasião da distribuição eletrônica.

Vale a pena, ainda, comentar a **valência** dos átomos e sua relação com a distribuição eletrônica, pelo menos para os elementos representativos. O conceito de valência está relacionado à capacidade de combinação dos elementos químicos. Ele foi estabelecido no século XIX e, naquela época, indicava o **número de átomos de hidrogênio com os quais determinado elemento químico poderia se combinar**. Esse conceito foi posteriormente refinado e passou a ter a seguinte formulação:

A valência de um elemento químico pode ser definida como o número de elétrons que o átomo desse elemento químico tende a ganhar, perder ou compartilhar quando participa de ligações químicas.

Como vimos, para os elementos situados nas colunas 1, 2 e 13, a valência é igual ao número de elétrons de valência e os átomos desses elementos tendem a perder esses elétrons de valência para formar cátions de carga +1, no caso da coluna 1 (por exemplo, Na^+), +2 no caso da coluna 2 (por exemplo, Mg^{2+}) e +3 no caso da coluna 3 (por exemplo, Al^{3+}).

No caso das colunas 14 a 17, a valência principal pode ser definida como o número de elétrons que o elemento tende a ganhar para completar o subnível *p* e ficar com a configuração do gás nobre situado ao final do período. No caso do carbono e dos outros elementos situados na coluna 14, esse número é igual a 4, pois a distribuição eletrônica do carbono é $1s^2\ 2s^2\ 2p^2$; portanto, faltam quatro elétrons para completar o subnível 2*p*.

O carbono, porém, geralmente não tende a formar íons, mas a compartilhar esses quatro elétrons em ligações químicas covalentes, como veremos no capítulo 9. A valência do nitrogênio, de acordo com essa regra, é igual a 3, pois a distribuição eletrônica do nitrogênio é $1s^2\ 2s^2\ 2p^3$; portanto, faltam três elétrons para completar o subnível 2*p*. O nitrogênio e outros elementos da coluna 15, no entanto, podem apresentar também a valência 5, quando são utilizados seus cinco elétrons de valência nas combinações que ele forma.

Por esse mesmo raciocínio, o oxigênio tem valência 2. O oxigênio tanto pode formar ânions com carga –2 (O^{2-}) quanto compartilhar dois elétrons em ligações covalentes. O oxigênio e outros elementos da coluna 16 também podem apresentar as valências 4 e 6.

Finalmente, os elementos da coluna 17, chamados de halogênios, formam ânions de carga –1, a exemplo do Cl^-. Podem, no entanto, apresentar também as valências 3, 5 e 7. Nesse caso, usam os seus outros elétrons de valência na formação de ligações covalentes.

6

Questões

Q40. Por que a distribuição eletrônica do elemento químico ferro pode ser representada por [Ar] $3d^6\ 4s^2$?

Q41. Por que os elementos químicos situados nas colunas 1, 2, 13, 14, 15, 16 e 17 são chamados de elementos representativos?

Q42. Por que os elementos químicos situados nas colunas de 3 a 12 são chamados de elementos de transição?

Q43. Por que os elementos químicos situados nas séries dos lantanídios e dos actinídios são chamados de elementos de transição interna?

Q44. Explique a valência para os halogênios e metais alcalinoterrosos. Qual(is) o(s) valor(es) possível(is) de valência para os halogênios? E para os metais alcalinoterrosos?

texto 16

Metais, não metais e gases nobres

Neste texto, vamos estudar a classificação dos elementos químicos em metais, não metais e gases nobres, relacionando essa classificação com a estrutura eletrônica dos átomos correspondentes. Vamos também constatar como essas diferentes classes de elementos estão agrupadas na tabela periódica.

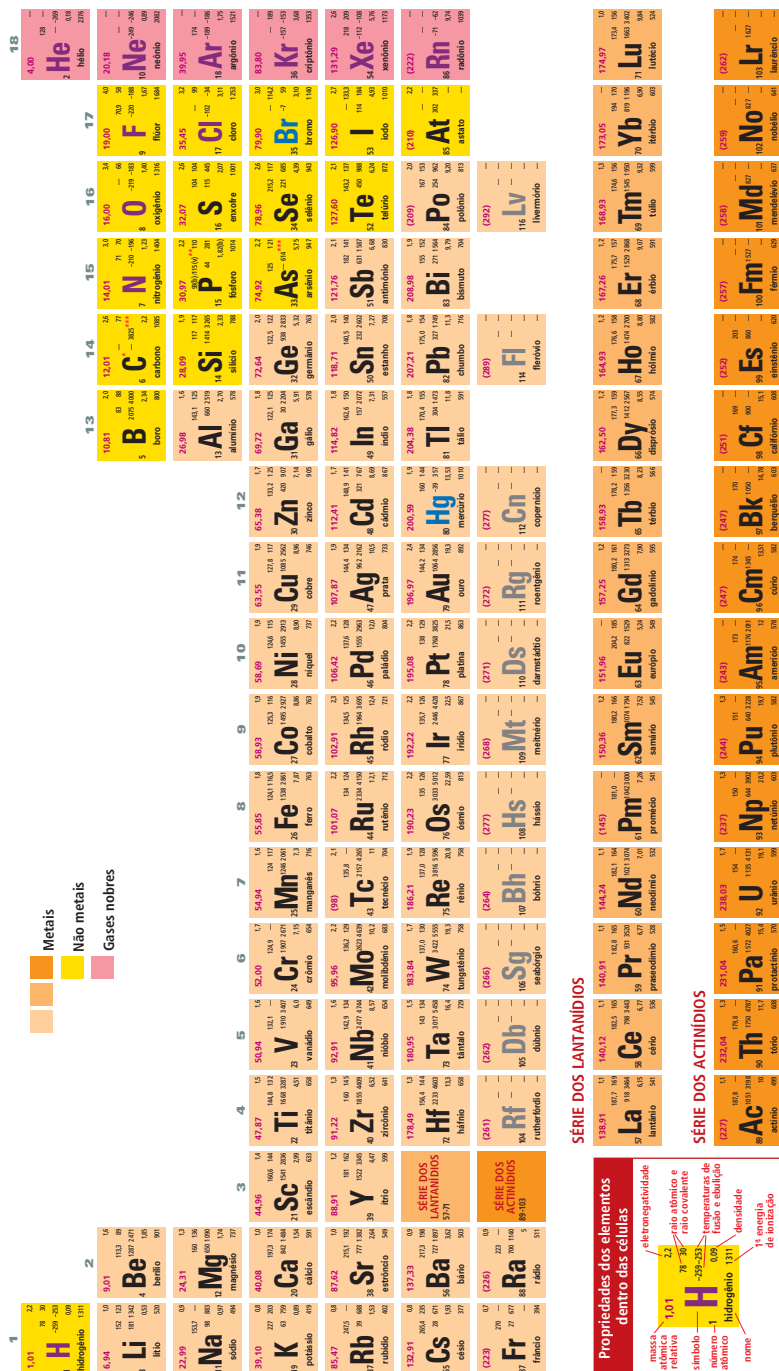



Figura 6.71
A localização, na tabela periódica, dos metais, não metais e gases nobres.

De maneira geral, para os elementos das colunas A, os átomos dos **metais** têm poucos elétrons na camada de valência e perdem esses elétrons com facilidade, formando cátions. Os **não metais**, ao contrário, têm mais elétrons de valência quando comparados aos metais das colunas A e tendem a ganhar elétrons e formar ânions.

Comparando a figura 6.66, que mostra a distribuição desses três diferentes grupos na tabela periódica, com a figura 6.65, que destaca os subníveis preenchidos pelos elétrons de valência dos átomos situados em cada região da tabela, pode-se constatar que, com exceção do hidrogênio, todos os elementos da região *s* e das regiões *d* e *f* são metais. A maioria dos elementos da região *p* é formada por não metais.

Entre os metais e não metais existem elementos cujas substâncias simples têm a aparência de metais, mas que exibem propriedades intermediárias entre os metais e não metais. Em algumas tabelas periódicas esses elementos são designados como semimetais e incluem o boro, o silício, o germânio, o arsênio, o antimônio, o telúrio e o astato. O mais popular entre eles é o silício, amplamente utilizado na indústria eletrônica, pois é a principal matéria-prima para a fabricação do *chip*, principal componente de circuitos eletrônicos e dos processadores de computadores. A Iupac, no entanto, não recomenda a nomenclatura de semimetais.

A figura 6.72 mostra a tendência geral de variação para o raio atômico e a energia de ionização ao longo da tabela periódica.

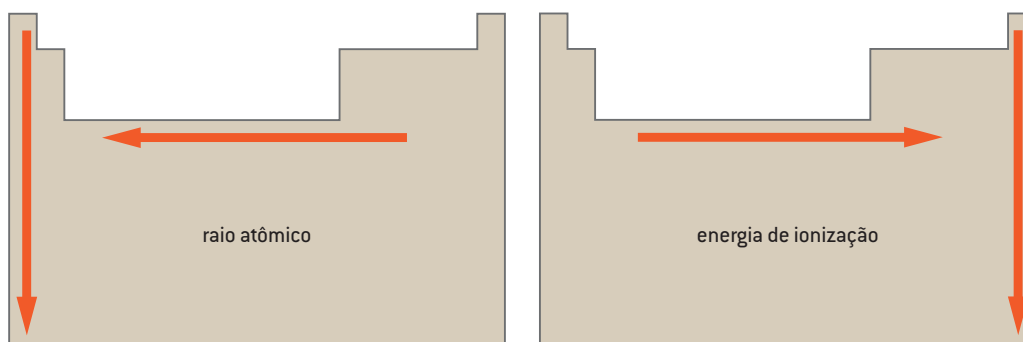



Figura 6.72
O caráter metálico e não metálico na tabela periódica, quando comparado ao raio atômico e à energia de ionização.

6

Se compararmos essas variações com as variações do caráter metálico e do caráter não metálico, veremos que, quanto mais fácil é remover um elétron de um átomo, maior é o seu caráter metálico. Isso indica que o caráter metálico é maior para elementos com maior raio atômico e menor energia de ionização. Já o caráter não metálico é mais acentuado para os átomos que ganham elétrons com facilidade e, portanto, têm maior energia de ionização e menor raio atômico.

Para caracterizar os elementos não metálicos, é útil introduzir uma outra propriedade, chamada de **eletroafinidade**, que pode ser definida como a energia liberada quando um átomo no estado gasoso ganha um elétron. Os átomos dos elementos de caráter não metálico mais acentuado têm os maiores valores de eletroafinidade e raios pequenos.

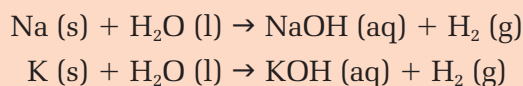
Essas observações levam à constatação de que os metais alcalinos, que estão situados na coluna 1 da tabela periódica, são os elementos de maior caráter metálico, e que os halogênios, situados na coluna 17, são os elementos de maior caráter não metálico.

Figura 6.73
Os metais alcalinos são os elementos mais metálicos, ao passo que os halogênios são os mais não metálicos.

Entre todos os elementos metálicos, são raros os que ocorrem naturalmente na forma metálica, como uma substância simples de brilho característico e boa condutora de eletricidade e calor. Essa propriedade está reservada a um grupo seleto chamado de metais preciosos, como o ouro, a prata e a platina. A maioria dos metais ocorre na forma de minerais e a obtenção do metal puro envolve reações de redução (essas reações serão estudadas no capítulo 5 do volume 2) que consomem energia, seja na forma de energia elétrica (no caso, por exemplo, do alumínio e dos metais alcalinos), seja na forma de calor (no caso, por exemplo, do ferro).

Os elementos de maior caráter metálico também não ocorrem na forma metálica. É interessante observar que os metais alcalinos e halogênios, opostos em relação ao caráter metálico, se combinam para formar sais bastante conhecidos, como cloreto de sódio (NaCl), o popular sal de cozinha, cloreto de potássio (KCl), iodeto de potássio (KI), etc. Esses sais são substâncias iônicas, formadas por cátions dos metais alcalinos e ânions dos halogênios, e são a principal fonte de compostos de sódio, potássio e cloro, que formam uma importante base da indústria química mundial, na forma de hidróxido de sódio (NaOH), ácido clorídrico (HCl), gás cloro (Cl_2) e sulfato de sódio (Na_2SO_4), entre outros.

Os metais alcalinos são tão reativos que sódio e potássio metálico, substâncias simples desses elementos, devem ser acondicionados em querosene, pois reagem violentamente com a água produzindo hidrogênio gasoso, que é um gás inflamável. Veja, a seguir, como as reações de sódio e potássio com água podem ser representadas:

$$Na\ (s) + H_2O\ (l) \rightarrow NaOH\ (aq) + H_2\ (g)$$
$$K\ (s) + H_2O\ (l) \rightarrow KOH\ (aq) + H_2\ (g)$$

Tanto a soda cáustica (hidróxido de sódio – NaOH) como a potassa cáustica (hidróxido de potássio – KOH) são bases fortes e matérias-primas na fabricação de uma grande variedade de produtos, incluindo o sabão.

A grande maioria das substâncias simples dos elementos classificados como metais é formada por sólidos de brilho metálico característico – uma exceção bastante conhecida, e perigosa pela toxidez, é o mercúrio, um

metal líquido a temperatura ambiente. Em contraste, um bom número de substâncias simples dos não metais é encontrado na forma de gases. Além disso, muitos desses não metais reagem com o oxigênio do ar (O_2) – uma substância simples do também não metal oxigênio – e formam substâncias gasosas, como o gás carbônico (CO_2), o monóxido de carbono (CO), os vários óxidos de enxofre e de nitrogênio, como SO_2, SO_3, NO, NO_2, etc. A maior parte da atmosfera é formada por gases dos elementos não metálicos, e somente o nitrogênio (N_2) e o oxigênio (O_2) perfazem 99%, em volume, do ar atmosférico seco.

Muitos dos óxidos dos elementos não metálicos, como os de nitrogênio e de enxofre, são produzidos como subprodutos na queima de combustíveis derivados do petróleo, por exemplo a gasolina. Esses óxidos podem reagir com a água presente no ar, ocasionando o fenômeno conhecido como chuva ácida, que corrói estruturas metálicas e monumentos de mármore, além de ser prejudicial à saúde. As reações de formação dos ácidos sulfúrico e sulfuroso, presentes na chuva ácida, a partir dos óxidos de enxofre, podem ser assim representadas:

$$SO_2\ (g) + H_2O\ (l) \rightarrow H_2SO_3\ (aq)\ \text{(ácido sulfuroso)}$$
$$SO_3\ (g) + H_2O\ (l) \rightarrow H_2SO_4\ (aq)\ \text{(ácido sulfúrico)}$$

Além disso, o aparentemente inofensivo gás carbônico, produzido na respiração animal e consumido pelas plantas no processo de fotossíntese, tem sido produzido em excesso na queima de combustíveis fósseis, derivados do petróleo e do carvão mineral, ocasionando o aumento do efeito estufa, fenômeno de grande impacto no ambiente e que tem gerado preocupações em todo o mundo.

Assim como as bases mais fortes são compostos de metais alcalinos, os ácidos mais fortes são compostos de não metais. Os ácidos minerais mais fortes e mais usados em várias atividades industriais são os ácidos clorídrico (HCl), sulfúrico (H_2SO_4) e nítrico (HNO_3).

Situados no extremo da tabela periódica, na coluna 18, estão os gases nobres, muito pouco reativos, praticamente inertes. As substâncias simples desses gases nobres, diferentemente do que ocorre com os elementos não metálicos, como hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, cloro, etc., são formadas por átomos isolados desses elementos. Os gases nobres podem ser encontrados na atmosfera e um deles, o argônio, é relativamente abundante, perfazendo quase 1%, em volume, da composição do ar seco.

Os gases nobres praticamente não participam de reações químicas, e compostos de gases nobres foram preparados em laboratório somente a partir de 1962, mesmo assim apenas para os gases nobres mais pesados. A falta de reatividade dos gases nobres é reflexo da configuração eletrônica completa na camada de valência, da energia de ionização muito elevada e da eletroafinidade baixa dos átomos desses elementos. Todos os gases nobres têm a camada de valência completa com configurações eletrônicas do tipo $\boldsymbol{ns^2np^6}$, com exceção do hélio, que, situado no primeiro período, tem a configuração $\mathbf{1}\boldsymbol{s^2}$. Note que n é um número inteiro que está relacionado ao nível de energia ao qual o subnível pertence. A energia de ionização é muito alta para esses átomos (2 372 kJ/mol,

6

no caso do hélio) e eles também não têm afinidade por elétrons adicionais. Isso significa que eles não formam cátions ou ânions nem tendem a se combinar com outros átomos ou mesmo entre si.

Em síntese, podemos dizer que a reatividade dos metais está associada à perda de elétrons de valência pelos átomos de elementos metálicos, ao passo que a reatividade dos não metais está associada ao ganho de elétrons pelos átomos de elementos não metálicos. Elementos cujos átomos não ganham ou perdem elétrons com facilidade, como os gases nobres, não reagem facilmente e ocorrem na natureza na forma de substâncias simples formadas por átomos isolados. No capítulo 9, teremos oportunidade de explorar um pouco mais as propriedades de metais e de substâncias moleculares formadas por não metais, a partir dos modelos de ligação química.

Questões

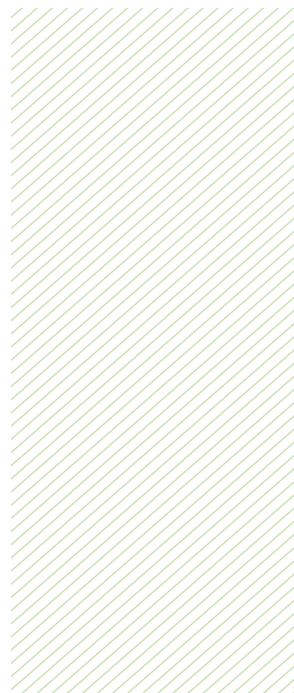
Q45. Como varia o caráter metálico na tabela periódica? Como você pode relacionar essa variação com a variação do raio atômico e da energia de ionização?

Q46. Como varia o caráter não metálico na tabela periódica? Como você pode relacionar essa variação com a variação do raio atômico e da energia de ionização?

Q47. Por que é raro encontrar metais que ocorrem naturalmente na forma metálica, como uma substância simples de brilho característico e boa condutora de eletricidade e calor?

Q48. Para se obter um metal elementar a partir dos respectivos minerais, é necessário fornecer energia ao sistema. Quais as formas de energia utilizadas, respectivamente, para o alumínio e para o ferro?

Q49. Por que sódio e potássio elementares têm que ser guardados em querosene?

Q50. Muitos dos óxidos de nitrogênio e enxofre são produzidos como subprodutos da queima de combustíveis fósseis e contribuem para a chamada chuva ácida. Escreva uma equação química para a formação da chuva ácida para um óxido do nitrogênio.

<http://phet.colorado.edu/sims/hydrogen-atom/hydrogen-atom_pt.jnlp>

Nesta página do Departamento de Física da Universidade do Colorado (EUA) você vai ter acesso a um simulador de modelos atômicos para o átomo de hidrogênio. É possível testar diferentes modelos atômicos para o átomo de hidrogênio e comparar as suas previsões com os resultados experimentais. Acesso em: 7 ago. 2012.

<http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/rutherford-scattering>

Na página do Departamento de Física da Universidade do Colorado (EUA) você vai ter acesso a uma simulação para o chamado experimento de Rutherford. Acesso em: 7 ago. 2012.

<www.periodicvideos.com>

Esta é uma página da Universidade de Nottingham (Inglaterra) na qual você pode encontrar vídeos sobre cada um dos elementos da tabela periódica. Os vídeos estão em inglês, mas alguns deles possuem legendas em português. Acesso em: 7 ago. 2012.

Questões de exames

Todas as questões devem ser respondidas em seu caderno. Não escreva no livro.

Q51. (UFMG) Os diversos modelos para o átomo diferem quanto às suas potencialidades para explicar fenômenos e resultados experimentais. Em todas as alternativas a seguir, o modelo atômico está corretamente associado a um resultado experimental que ele pode explicar, exceto em:

a) O modelo de Rutherford explica por que algumas partículas alfa não conseguem atravessar uma lâmina metálica fina e sofrem fortes desvios.

b) O modelo de Thomson explica por que a dissolução de cloreto de sódio em água produz uma solução que conduz eletricidade.

c) O modelo de Dalton explica por que um gás, submetido a uma grande diferença de potencial elétrico, se torna condutor de eletricidade.

d) O modelo de Dalton explica por que a proporção em massa dos elementos de um composto é definida.

Q52. (UFMG) Na experiência de espalhamento de partículas alfa, conhecida como "experiência de Rutherford", um feixe dessas partículas foi dirigido contra uma lâmina finíssima de ouro, e os experimentadores (Geiger e Marsden) observaram que um grande número dessas partículas atravessava a lâmina sem sofrer desvios, mas que um pequeno número sofria desvios muito acentuados. Esse resultado levou Rutherford a modificar o modelo atômico de Thomson, propondo a existência de um núcleo de carga positiva, de tamanho reduzido e com, praticamente, toda a massa do átomo.

Indique a alternativa que apresenta o resultado que era previsto para o experimento de acordo com o modelo de Thomson.

a) A maioria das partículas atravessaria a lâmina de ouro sem sofrer desvios e um pequeno número sofreria desvios muito pequenos.

b) A maioria das partículas sofreria grandes desvios ao atravessar a lâmina.

c) A totalidade das partículas atravessaria a lâmina de ouro sem sofrer nenhum desvio.

d) A totalidade das partículas ricochetearia ao se chocar contra a lâmina de ouro, sem conseguir atravessá-la.

Q53. (UFMG) Com relação aos íons K^+ e Cl^-, é incorreto afirmar que:

a) ambos apresentam o mesmo número de elétrons que o átomo de argônio.

b) o ânion Cl^- é maior que o átomo neutro de cloro.

c) o átomo neutro de potássio absorve energia para se transformar no cátion K^+.

d) um elétron é transferido do Cl^- para o K^+ quando esses íons se ligam.

Q54. (UFMG) Ao resumir as características de cada um dos sucessivos modelos do átomo de hidrogênio, um estudante elaborou o seguinte quadro:

Modelo atômico	Características
Dalton	Átomos maciços e indivisíveis.
Thomson	Elétron, de carga negativa, incrustado em uma esfera de carga positiva. A carga positiva está distribuída, homogeneamente, por toda a esfera.
Rutherford	Elétron, de carga negativa, em órbita em torno de um núcleo central, de carga positiva. Não há restrição quanto aos valores dos raios das órbitas e das energias do elétron.
Bohr	Elétron, de carga negativa, em órbita em torno de um núcleo central, de carga positiva. Apenas certos valores dos raios das órbitas e das energias do elétron são possíveis.

Quadro 6.8 Questão Q54.

O número de erros cometidos pelo estudante é:

a) 0.　　c) 2.

b) 1.　　d) 3.

Q55. (UFMG) Na chamada experiência de Rutherford, uma lâmina fina de ouro foi bombardeada com um feixe de partículas alfa (He^{2+}). Esperava-se que todas as partículas atravessassem a lâmina, sofrendo, no máximo, pequenos desvios em sua trajetória. Surpreendentemente, porém, foi observado que uma pequena fração das partículas alfa sofria grandes desvios em relação às suas trajetórias originais. Para explicar esse resultado, Rutherford propôs a existência do núcleo atômico.

a) Justifique por que a introdução do conceito do núcleo atômico permite explicar os grandes desvios nas trajetórias das partículas alfa.

b) Suponha que, em vez de uma lâmina de ouro, se usasse uma lâmina de alumínio. Nesse caso, a fração de partículas alfa que sofreria grandes desvios seria menor, igual ou maior do que na experiência com a lâmina de ouro? Justifique sua resposta.

Q56. (UFMG) Considere a abundância relativa dos elementos na crosta terrestre, representada no gráfico da figura.

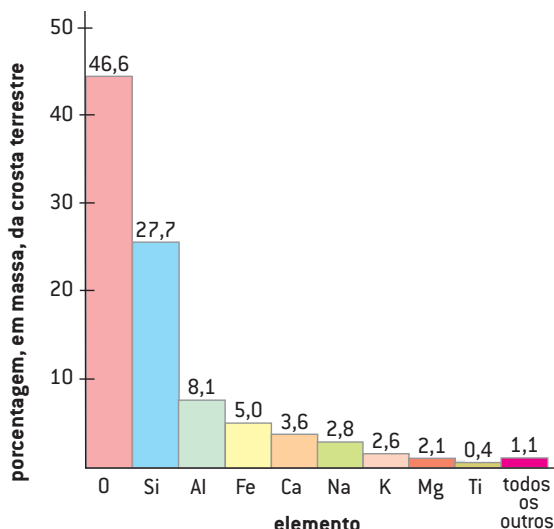



Figura 6.74 Questão Q56.

A análise do gráfico permite concluir que, em relação à crosta terrestre, é **incorreto** afirmar que:

a) apenas dois metais de transição estão entre os constituintes identificados por seus símbolos.

b) entre os metais identificados por seus símbolos, os alcalinos são mais abundantes do que os alcalinoterrosos.

c) menos da metade de sua massa é constituída por metais.

d) os halogênios constituem menos de 1,1% de sua massa.

Q57. (UFMG) Considere o gráfico da figura, referente à produção mundial, de 1980, dos metais mais comumente usados.

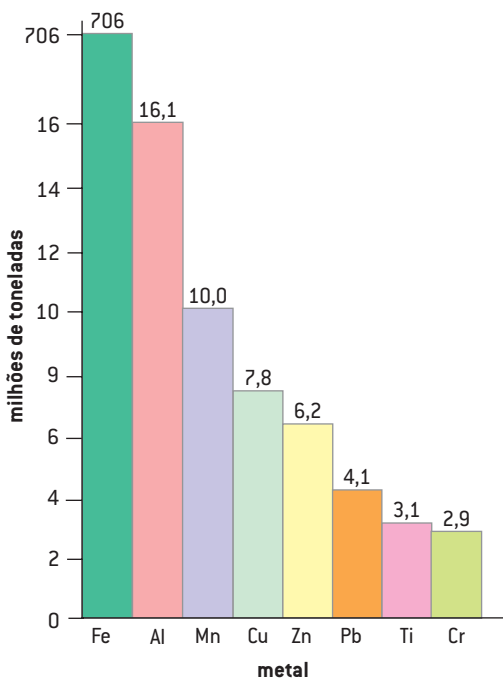



Figura 6.75 Questão Q57

A análise do gráfico permite concluir que todas as afirmativas estão **corretas**, exceto:

a) O metal mais produzido no mundo é um metal de transição.

b) O metal representativo menos produzido, entre os relacionados, tem massa molar igual a 82 g/mol.

c) O segundo metal mais produzido pertence ao mesmo grupo do boro.

d) Os metais de transição relacionados pertencem à primeira série de transição.

Q58. (UFMG) Considerando as partículas constituintes do íon Mg^{2+} e a posição do elemento no quadro periódico, pode-se afirmar que esse íon:

a) apresenta dois níveis completamente preenchidos.

b) apresenta números iguais de prótons e elétrons.

c) tem um núcleo com 14 prótons.

d) tem a mesma configuração eletrônica que o átomo de argônio.

Q59. (UFMG) O quadro a seguir apresenta alguns dos principais elementos constituintes do corpo humano e a sua participação na massa total.

Elemento químico	Fração de massa total (%)
O	64,6
C	18,0
H	10,0
N	3,1
Ca	1,9
P	1,1
Cl	0,40
K	0,36
S	0,25
Na	0,11
Mg	0,03

Quadro 6.9 Questão Q59.

Com relação aos dados apresentados no quadro, indique a alternativa **incorreta**:

a) O metal com a maior fração da massa é alcalinoterroso.

b) O hidrogênio, em número de átomos, é mais abundante que o oxigênio.

c) O quadro apresenta quatro metais.

d) O quadro apresenta dois halogênios.

Q60. (UFMG) Os valores das sucessivas energias de ionização de um átomo constituem uma evidência empírica da existência de níveis de energia. Os diagramas a seguir pretendem representar, qualitativamente, as quatro primeiras energias de ionização de átomos, inicialmente neutros, do terceiro período da classificação periódica.

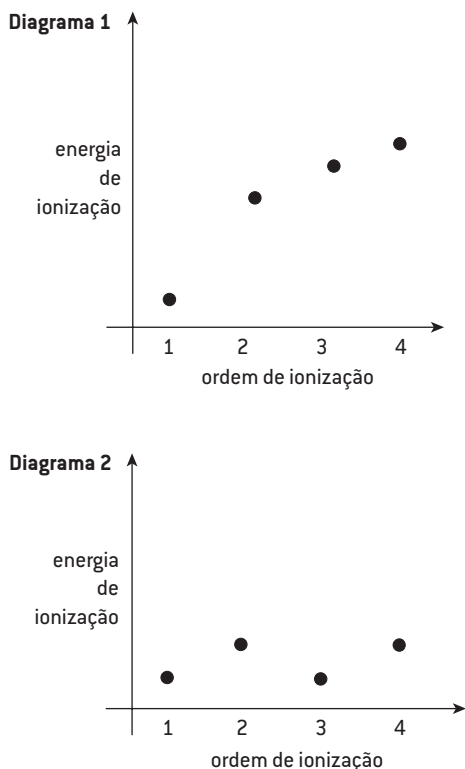



Figura 6.76 Questão Q60.

a) Um dos diagramas não corresponde a nenhum elemento. Identifique esse diagrama e justifique sua resposta.

b) Indique qual é o elemento que corresponde ao outro diagrama. Escreva a configuração eletrônica, por níveis, do átomo desse elemento. Justifique sua indicação.

Q61. (UFRJ) O elemento cloro apresenta dois isótopos mais abundantes na natureza, um com 18 nêutrons e o outro com 20 nêutrons.

a) Determine os números de massa desses dois isótopos do cloro.

b) Selecione, na tabela periódica, o metal mais eletronegativo que pertence ao mesmo período que o cloro. Escreva a fórmula química e o nome do composto formado pelo cloro e por esse metal.

Q62. (UFV-MG) Considere as afirmativas a seguir:

I. A primeira energia de ionização é a energia necessária para remover um elétron de um átomo neutro no estado gasoso.

II. A primeira energia de ionização do sódio é maior do que a do magnésio.

III. Nos períodos da tabela periódica, o raio atômico sempre cresce com o número atômico.

IV. A segunda energia de ionização de qualquer átomo é sempre maior do que a primeira.

São afirmativas **corretas**:

a) I, II, III e IV.
b) I e IV.
c) I e II.
d) II e III.
e) II e IV.

Q63. (UFV-MG) Dentre os íons relacionados a seguir, aquele que apresenta menor raio é:

a) K^{+}.
b) Ga^{3+}.
c) Na^{+}.
d) Mg^{2+}.
e) Al^{3+}.

Q64. (UFPR) O jornal *Folha de S.Paulo* publicou, em 19 jun. 1994, matéria sobre empresas norte-americanas que estavam falsificando suco de laranja. O produto, vendido como puro, estava sendo diluído com água. A fraude foi descoberta através de medidas de teores de isótopos de oxigênio (^{16}O e ^{18}O). O isótopo mais pesado fica um pouco mais concentrado na água presente nas plantas em crescimento do que nas águas oriundas de fontes não biológicas.

Dê como resposta a soma das alternativas **corretas**:

(01) Os números atômicos destes são iguais.

(02) O número de massa de ^{16}O é 16 e indica a soma do número de prótons e de elétrons existentes no átomo.

(04) O número de nêutrons nos isótopos anteriores é 16 e 18, respectivamente.

(08) A distribuição eletrônica de ^{16}O é igual à de ^{18}O.

(16) O suco puro deve conter uma maior quantidade de ^{18}O.

Q65. (UFSCar-SP) Dos grupos de elementos químicos que compõem a tabela periódica, são ametais:

a) Ge, As e Sb.
b) B, Al e Ga.
c) P, Se e Sn.
d) Be, Mg e Ca.
e) Ar, Kr e Xe.

Q66. (Cefet-PB) As substâncias paramagnéticas são aquelas que tendem a se mover na direção de um campo magnético em função de possuírem um número elevado de elétrons desemparelhados. As substâncias ferromagnéticas mantêm os *spins* de seus elétrons desemparelhados alinhados da mesma maneira, mesmo que sejam retiradas da influência do campo magnético, por isso os materiais ferromagnéticos são utilizados para a produção de magnetos permanentes.

De conformidade com o texto anterior, qual dos elementos a seguir, representados por sua distribuição eletrônica, apresentaria propriedades ferromagnéticas?

a) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^7$
b) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^1$
c) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2$
d) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$
e) $1s^2\ 2s^2\ 2p^5$

6

Q67. (Cefet-PB) As fotocélulas são equipamentos utilizados no comando automático de dispositivos que necessitam ser ligados durante o período da noite. O seu mecanismo baseia-se no chamado "efeito fotoelétrico", que é facilitado quando se usam metais com energia de ionização baixa. Considerando apenas os elementos do 6º período, qual dos grupos abaixo citados, representados por seus nomes usuais, apresentaria melhores condições para ser utilizado em fotocélulas?

a) gases nobres
b) halogênios
c) calcogênios
d) metais alcalinoterrosos
e) metais alcalinos

Q68. (UEMG) O cálcio é responsável pelo fortalecimento das raízes, das paredes celulares e mantém o equilíbrio iônico nas membranas celulares dos vegetais. Sobre o elemento químico cálcio, indique a alternativa cuja afirmação esteja **incorreta**.

a) Apresenta dois elétrons de valência.
b) Apresenta o maior raio atômico em relação aos elementos do mesmo período.
c) Ao se ligar a elementos do grupo dos halogênios (X) apresenta um composto de fórmula geral CaX_2.
d) Forma substância simples que apresenta boa condutividade elétrica.

Q69. (UEMS) A respeito do íon Na^+ em seu estado energético mais estável, são feitas as seguintes afirmações:

I. Tem 10 elétrons na eletrosfera.
II. Tem a mesma configuração eletrônica do ânion fluoreto.
III. Tem 11 prótons no núcleo.
IV. Apresenta 2 níveis energéticos completamente preenchidos.
V. Possui 3 subníveis energéticos completamente preenchidos.
VI. O seu raio atômico é menor do que o raio atômico do átomo neutro de sódio.
VII. Sua energia de ionização é maior que a energia de ionização do átomo neutro de sódio.

É **correto** afirmar que:

a) todas estão incorretas.
b) todas estão corretas.
c) apenas V é incorreta.
d) apenas VI é incorreta.
e) apenas VII é incorreta.

Q70. (UEPB) Com base nas concepções científicas mais atuais sobre a estrutura do átomo, é **correto** afirmar:

a) O átomo apresenta duas regiões distintas: uma região central, muito pequena, onde se concentra praticamente toda a sua massa; e um espaço bem maior, no qual os elétrons se movimentam. Portanto, os elétrons, que ocupam a maior parte do volume do átomo, têm o papel mais relevante nas reações químicas.
b) O átomo é uma pequena partícula indivisível e indestrutível.
c) O átomo é formado por três pequenas partículas indivisíveis e indestrutíveis denominadas elétrons, prótons e nêutrons.
d) Os elétrons estão em movimento circular uniforme a uma distância fixa do núcleo.
e) Todos os átomos da tabela periódica apresentam, necessariamente, elétrons, prótons e nêutrons; sendo que estas três partículas possuem massas semelhantes.

Q71. (Uerj) O cátion que apresenta o mesmo número de elétrons do ^{14}C é:

a) N^+. b) C^{++}. c) P^{+++}. d) Si^{++++}.

Q72. (Ufal) Ao fazer incidir partículas radioativas numa lâmina metálica de ouro, Rutherford observou que a maioria das partículas atravessava a lâmina, algumas desviavam e poucas refletiam. Várias conclusões foram retiradas dessas experiências, exceto a de que:

a) o núcleo é a região mais densa do átomo.
b) o átomo apresenta, predominantemente, espaços vazios.
c) o núcleo é praticamente do tamanho do átomo.
d) os elétrons giram em torno do núcleo para garantir a neutralidade elétrica do átomo.
e) o núcleo atômico apresenta carga elétrica positiva.

Q73. (Ufal) Após a descoberta dos elétrons, prótons e nêutrons, os cientistas perceberam que a quantidade dessas partículas em um determinado átomo serviria para identificá-lo. Considere o íon X^{-3}, com 36 elétrons e número de massa 75. Assim, pode-se dizer que seu número atômico e o número de nêutrons são respectivamente:

a) 36 e 43. c) 36 e 75. e) 33 e 45.
b) 36 e 39. d) 33 e 42.

Q74. (Ufal) A tabela periódica é um dos conceitos mais importantes da Química. Seu desenvolvimento é um exemplo de como descobertas científicas podem ser feitas pelo uso da perspicácia para organizar dados coletados por um grande número de cientistas durante muitos anos. Comparando os elementos cálcio e bromo na tabela periódica dada, indique a alternativa **correta**.

a) O bromo tem maior afinidade eletrônica, pois, com a adição de um elétron, ocorre uma maior liberação de energia.
b) O raio do bromo é maior, pois ele tem maior número de camadas eletrônicas.
c) A energia de ionização do cálcio é maior, pois é mais difícil retirar um elétron desse elemento do que do bromo.
d) Ambos os elementos têm propriedades químicas semelhantes, pois estão no mesmo período.
e) O bromo é mais eletropositivo, pois, no período, a eletropositividade cresce com o aumento do número atômico.

Q75. (Ufal) O sal de cozinha, NaCl, contém iodeto de potássio, KI, em concentrações muito pequenas, e traços do íon iodeto na dieta ajudam a prevenir o alargamento da glândula tireoide. Em relação aos íons presentes nesses sais, foram feitas as seguintes afirmações:

1) Os íons Na^+ e K^+ pertencem ao mesmo período da tabela periódica.

2) O íon I^- tem raio iônico maior que o íon Cl^-, pois o íon I^- tem um maior número de camadas.

3) O íon K^+ tem potencial de ionização maior do que o íon I^-, pois os elétrons do íon K^+ se encontram mais afastados do núcleo.

Está(ão) **correta(s)** apenas:

a) 1 e 2.
b) 2 e 3.
c) 1.
d) 2.
e) 3.

Instrução: para a próxima questão, considere a distribuição eletrônica geral por níveis de energia, e demais informações, dos quatro elementos químicos, *X*, *Y*, *Z* e *T*, a seguir:

X	2	8	8	2	0	0	Estados de oxidação principal: 2
Y	2	8	15	2	0	0	Estados de oxidação principal: 2, 3
Z	2	8	18	7	0	0	Estados de oxidação principal: −1
T	2	8	18	20	8	2	Estados de oxidação principal: 3, 4

Quadro 6.10 Questão Q75.

Q76. (Ufam) Sobre suas propriedades periódicas é **incorreto** afirmar que:

a) O elemento *T* é mais eletronegativo que *Y* e possui a maior eletroafinidade.

b) Os quatro elementos apresentam densidades diferentes.

c) O elemento *Z* é o mais eletronegativo.

d) O elemento *X* é o mais eletropositivo.

e) *Y* é mais denso que *X* e *Z*.

Q77. (Ufes) Ligas de titânio são muito usadas na fabricação de parafusos e pinos que compõem as próteses ortopédicas. A configuração eletrônica **correta** do átomo de titânio é:

a) $[Ar]\ 3d^4$

b) $[Ar]\ 3d^6$

c) $[Ar]\ 4s^1\ 3d^3$

d) $[Ar]\ 4s^2\ 3d^2$

e) $[Ar]\ 4s^2\ 3d^5$

Q78. (UFJF-MG) O esquema a seguir representa uma tabela periódica simplificada.

Figura 6.77 Questão Q78.

As afirmativas seguintes, referentes aos elementos *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, são **corretas**, exceto:

a) *c* é um metal.

b) *b* apresenta configuração eletrônica de valência ns^2.

c) *a* possui o maior raio atômico dentre os elementos citados.

d) O número de oxidação mais comum para *d* é +2.

e) *e* apresenta maior potencial de ionização.

Q79. (UFJF-MG) Quais são os nomes dos elementos cujos números de prótons são, respectivamente, 27, 19, 9 e 15?

a) Cobre, potássio, flúor e fósforo.

b) Cobalto, cálcio, flúor e potássio.

c) Cobalto, potássio, flúor e fósforo.

d) Cobre, potássio, fósforo e potássio.

e) Cobalto, cálcio, flúor e fósforo.

Q80. (Unimontes-MG) O gráfico a seguir mostra a variação da eletronegatividade de alguns elementos químicos nos grupos 1 e 17 da tabela periódica, de acordo com o número atômico (*Z*).

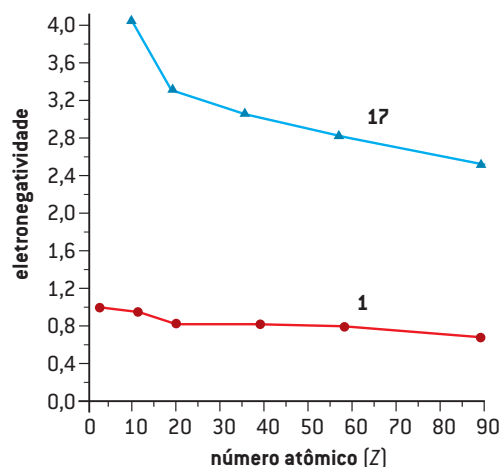



Figura 6.78 Questão Q80.

Analisando-se o comportamento apresentado nos grupos 1 e 17, pode-se afirmar que:

a) a eletronegatividade dos elementos diminui ao longo do período.

b) a tendência do átomo em atrair elétrons para si, numa ligação, é menor no grupo 17.

c) o metal de maior raio atômico, no grupo representado em 1, é o mais eletronegativo.

d) os elementos de menor raio atômico são mais eletronegativos.

Q81. (UFRN) Comparando-se os átomos dos elementos químicos N, P e K, presentes no fertilizante NPK, pode-se afirmar:

a) O raio atômico do N é maior que o do P.
b) O elemento P possui energia de ionização menor que a do elemento K.
c) O K possui maior raio atômico.
d) O elemento N apresenta a menor energia de ionização.

Q82. (UFLA-MG) Entre os pares de elementos químicos apresentados, o par cujos elementos têm propriedades químicas semelhantes é:

a) F e Ne.
b) Li e Be.
c) Mg e Mn.
d) Ca e Mg.

Q83. (UFPI) O átomo nuclear foi postulado por Rutherford em 1911. Na época já se conhecia a existência de partículas positivas e negativas, em decorrência dos experimentos com tubos de descarga contendo gases rarefeitos realizados nas últimas décadas do século 19. Entretanto, não se sabia da existência do nêutron, que só seria descoberto em 1934. As descobertas do elétron, do próton e do nêutron são atribuídas, respectivamente, a:

a) N. Bohr, E. Goldstein e J. Chadwick.
b) J. J. Thomson, E. Goldstein e J. Chadwick.
c) N. Bohr, E. Chadwick e E. Rutherford.
d) J. J. Thomson, E. Goldstein e E. Rutherford.
e) J. Chadwick, E. Rutherford e J. Dalton.

Q84. (UFSCar-SP) Uma tecnologia promissora para atender parte de nossas necessidades energéticas, sem a poluição gerada pela queima de combustíveis fósseis, envolve a transformação direta de parte da energia luminosa do Sol em energia elétrica. Nesse processo são utilizadas as chamadas células fotogalvânicas, que podem funcionar utilizando semicondutores extrínsecos de silício, constituídos por uma matriz de silício de alta pureza, na qual são introduzidos níveis controlados de impurezas. Essas impurezas são elementos químicos em cujas camadas de valência há um elétron a mais ou a menos, em relação à camada de valência do silício. Semicondutores do tipo *n* são produzidos quando o elemento utilizado como impureza tem cinco elétrons na camada de valência.

Considerando os elementos B, P, Ga, Ge, As e In como possíveis impurezas para a obtenção de um semicondutor extrínseco de silício, poderão ser do tipo *n* apenas aqueles produzidos com a utilização de:

a) B. c) Ga e Ge. e) B, Ga e In.
b) Ge. d) P e As.

Q85. (Enem) Leia as informações a seguir:

Na investigação forense, utiliza-se luminol, uma substância que reage com o ferro presente na hemoglobina do sangue, produzindo luz que permite visualizar locais contaminados com pequenas quantidades de sangue, mesmo em superfícies lavadas.

É proposto que, na reação do luminol (I) em meio alcalino, na presença de peróxido de hidrogênio (II) e de um metal de transição (M^{n+}), forma-se o composto 3-aminoftalato (III) que sofre uma relaxação dando origem ao produto final da reação (IV), com liberação de energia (hυ) e de gás nitrogênio (N_2).

QUÍMICA NOVA, v. 25, n. 6, 2002. p. 1003-1011. Texto adaptado.

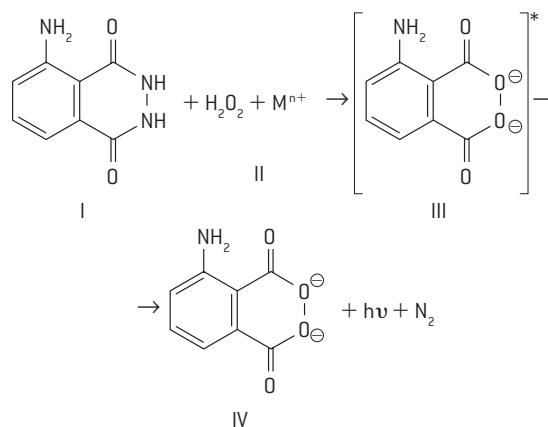



Figura 6.79 Questão Q85.

Dados: pesos moleculares: luminol = 177; 3-aminoftalato = 164.

Na reação do luminol, está ocorrendo o fenômeno de:

a) fluorescência, quando espécies excitadas por absorção de uma radiação eletromagnética relaxam liberando luz.
b) incandescência, um processo físico de emissão de luz que transforma energia elétrica em energia luminosa.
c) quimiluminescência, uma reação química que ocorre com liberação de energia eletromagnética na forma de luz.
d) fosforescência, em que átomos excitados pela radiação visível sofrem decaimento, emitindo fótons.
e) fusão nuclear a frio, através de reação química de hidrólise com liberação de energia.

Q86. (Enem) Leia o texto a seguir:

Quando definem moléculas, os livros geralmente apresentam conceitos como: a menor parte da substância capaz de guardar suas propriedades. A partir de definições desse tipo, a ideia transmitida ao estudante é a de que o constituinte isolado (moléculas) contém os atributos do todo.

É como dizer que uma molécula de água possui densidade, pressão de vapor, tensão superficial, ponto de fusão, ponto de ebulição, etc. Tais propriedades pertencem ao conjunto, isto é, manifestam-se nas relações que as moléculas mantêm entre si.

OLIVEIRA, Renato José de. O mito da substância.
Química Nova na escola, n. 1, 1995. (Texto adaptado.)

O texto evidencia a chamada visão substancialista que ainda se encontra presente no ensino da Química. A seguir estão relacionadas algumas afirmativas pertinentes ao assunto.

I. O ouro é dourado, pois seus átomos são dourados.
II. Uma substância macia não pode ser feita de moléculas rígidas.
III. Uma substância pura possui pontos de ebulição e fusão constantes, em virtude das interações entre suas moléculas.
IV. A expansão dos objetos com a temperatura ocorre porque os átomos se expandem.

Dessas afirmativas, estão apoiadas na visão substancialista criticada pelo autor apenas:

a) I e II.
b) III e IV.
c) I, II e III.
d) I, II e IV.
e) II, III e IV.

Q87. (PUC-MG) Com relação à estrutura do átomo, podemos afirmar, exceto:

a) A massa do átomo está concentrada no seu núcleo.
b) O número de massa de um elemento é igual ao número de prótons + número de nêutrons.
c) Não existem elementos diferentes com o mesmo número de prótons.
d) Toda espécie neutra apresenta o número de nêutrons igual ao de elétrons.

Q88. (ESPM-SP) Um átomo neutro de determinado elemento químico se transforma num cátion quando:

a) encontra-se eletronicamente neutro.
b) perde prótons do núcleo.
c) ganha nêutrons na eletrosfera.
d) perde elétrons da eletrosfera.
e) seu número de prótons é igual ao seu número de elétrons.

Q89. (UFSM-RS) Analise o quadro a seguir:

Espécie genérica	Número de nêutrons	Número de prótons	Número de elétrons
X	20	17	17
Y	17	17	18
Z	78	79	78
W	18	18	18

Quadro 6.11
Questão Q89.

Indique a alternativa que apresenta somente espécie(s) neutra(s).

a) Apenas *X*.
b) Apenas *Y*.
c) Apenas *Z*.
d) Apenas *W*.
e) Apenas *X* e *W*.

Q90. (Fuvest-SP) As espécies Fe^{2+} e Fe^{3+}, provenientes de isótopos distintos do ferro, diferem entre si, quanto ao número:

a) atômico e ao número de oxidação.
b) atômico e ao raio iônico.
c) de prótons e ao número de elétrons.
d) de elétrons e ao número de nêutrons.
e) de prótons e ao número de nêutrons.

Q91. (Unifei-MG) Rutherford, em seu clássico experimento, bombardeou uma delgada lâmina com partículas alfa. Nessa experiência, ele demonstrou que:

a) todos os átomos dos elementos possuem elétrons;
b) o volume nuclear é muito pequeno em relação ao volume do átomo;
c) os elétrons tem carga elétrica negativa;
d) os elétrons giram em órbitas elípticas ao redor do núcleo;
e) a matéria é compacta e impenetrável.

Q92. (UFSC) O número de elétrons em cada subnível do átomo estrôncio (38Sr) em ordem crescente de energia é:

a) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^6\ 5s^2$
b) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 4p^6\ 3d^{10}\ 5s^2$
c) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^6\ 5s^2$
d) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4p^6\ 4s^2\ 3d^{10}\ 5s^2$
e) $1s^2 2s^2\ 2p^6\ 3p^6\ 3s^2\ 4s^2\ 4p^6\ 3d^{10}\ 5s^2$

Q93. (UFG-GO) Observe o trecho da história em quadrinhos a seguir, no qual há a representação de um modelo atômico para o hidrogênio.

WATCHMEN. São Paulo: Abril, n. 2, dez. 1988.

Figura 6.80 Questão Q93.

Qual o modelo atômico escolhido pelo personagem no último quadrinho? Explique-o.

CAPÍTULO

7 Introdução às transformações químicas

Uma das principais propriedades dos materiais encontrados na natureza é sua capacidade de sofrer transformações. Ao longo da História, o ser humano tem usado essa capacidade para produzir novos materiais, conservar alimentos, obter energia, combater doenças para melhorar a qualidade e aumentar a expectativa de vida da espécie humana.

Ugorenkov Aleksandr/Shutterstock/Glow Images

Vitaly Maksimchuk/Shutterstock/Glow Images

S_Oleg/Shutterstock/Glow Images

Roman Sigaev/Shutterstock/Glow Images

Contudo, apenas recentemente o ser humano conseguiu formular explicações gerais que permitiram sistematizar o conhecimento sobre as transformações, organizando-as em algumas classes de fenômenos. Assim, a queima de materiais combustíveis, a obtenção de metais e a produção de bebidas, inicialmente consideradas fenômenos diversos, constituem, atualmente, uma única classe de transformações: as reações químicas.

Pode-se reconhecer uma transformação por meio de suas evidências macroscópicas, que geralmente são algum tipo de alteração que ocorre no material e que, muitas vezes, nos indica que está havendo transformação.

Neste capítulo, estudaremos alguns aspectos das transformações químicas, começando por discutir como reconhecê-las por meio de evidências.

ACE Stock Limited/Alamy/Other Images

Na história da humanidade, a construção dos primeiros instrumentos e ferramentas envolveu a transformação de pedaços de rochas em objetos para uso cotidiano. Além disso, o uso do fogo teve um grande impacto no modo de vida dos povos pré-históricos.

Inicialmente usado para cozinhar os alimentos e proteger do frio, o fogo tornou-se, com o passar do tempo, um importante instrumento de transformação da natureza. Com o uso do fogo, o ser humano chegou à obtenção de metais, o que permitiu a fabricação de objetos resistentes e duráveis, como ferramentas, armas e utensílios domésticos.

Figura 7.1 Os materiais sofrem transformações: é o caso do alumínio, que é resultado da transformação da bauxita e que é matéria-prima de diversos objetos. Outro exemplo pode ser visto na queima do papel (no detalhe) — em que há evidências de que o fenômeno da combustão está ocorrendo: a chama, a produção de cinzas, a liberação de fumaça, etc.

atividade 1

Como reconhecer uma transformação química?

Nesta atividade, vamos discutir alguns fenômenos, com o objetivo de analisar as características dos materiais antes e depois da transformação que sofreram, evidenciando a ocorrência ou não de reações químicas.

Vamos trabalhar com algumas reações químicas, caracterizando o sistema inicial (antes da transformação) e o sistema final (depois da transformação). Esta atividade tem a finalidade de reconhecer que evidências permitem dizer que uma reação química pode ter ocorrido. Procuraremos, também, evidenciar a produção de novos materiais como garantia de que ocorreu uma reação química.

PARTE A → A reação entre ácido clorídrico e zinco

Material

Um tubo de ensaio, uma proveta de 5 mL ou um conta-gotas, pedaços de zinco (pequenos) e solução de ácido clorídrico (HCl) em uma concentração de 1 mol/L.

Esta experiência deve ser realizada com a supervisão de seu professor. Cuidado ao manipular o HCl, pois ele é corrosivo. O ideal é que essa reação seja realizada em ambiente bastante ventilado ou em uma capela. **Não inale os vapores**. No caso de contato com a pele, lave com água em abundância. No caso de ingestão, **não provoque vômito** e beba grandes quantidades de água. Procure imediatamente um médico.

O que fazer

A1 Coloquem aproximadamente 2 mL (40 gotas) da solução de HCl no tubo de ensaio.

A2 Adicionem um pedaço pequeno de zinco no tubo com a solução.

Questões

Q1. Descrevam as características macroscópicas do sistema inicial (solução de HCl e pedaço de zinco separados) antes da imersão do zinco na solução.

Q2. Descrevam as características macroscópicas do sistema quando vocês adicionaram o zinco à solução de HCl.

Q3. Qual é a evidência de que ocorreu uma transformação?

Q4. Como vocês poderiam identificar as novas substâncias que foram formadas?

Q5. Se vocês determinassem a massa (m_i) do sistema inicial (solução de HCl e zinco separados) e a massa (m_f) do sistema final, depois que a transformação se completou, vocês acham que m_i seria maior, menor ou igual a m_f? Justifiquem.

Q6. Se a reação tivesse se passado em um sistema fechado, um tubo de ensaio fechado com uma rolha, por exemplo, a resposta ao item Q5 seria a mesma? Justifiquem.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 7.3
Solução de HCl e pedaços de zinco. Cuidado ao manipular o HCl, pois ele é corrosivo. Não inalem seus vapores!

PARTE B ⇢ A queima de uma fita de magnésio

Esta experiência deve ser realizada com a supervisão de seu professor. **Não** aproxime os olhos ou a pele da fita de magnésio em chamas.

Material

Uma lamparina, uma fita de magnésio e uma garra de madeira.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 7.4
Fita de magnésio.

O que fazer

A3 Segurem um pedaço da fita de magnésio com a garra e aproximem-na da chama da lamparina, seguindo as orientações de precaução. Nesse procedimento, vocês devem tomar **muito cuidado**: procurem utilizar o material de proteção adequado para realizá-lo. **Se possível, usem óculos de proteção**.

Questões

Q7. Descrevam as características do sistema inicial (fita de magnésio e outro reagente que vocês imaginam que participe da reação), antes da transformação.

Q8. Descrevam as características do sistema final, após queimar a fita de magnésio.

Q9. Qual é a evidência de que ocorreu uma transformação?

Q10. Como vocês poderiam identificar as novas substâncias que foram formadas?

Q11. Se vocês determinassem a massa inicial do sistema (m_i) e a massa final do sistema (m_f), depois que a transformação se completou, vocês acham que m_i seria maior, menor ou igual a m_f? Justifiquem.

Q12. Se a reação tivesse se passado em um sistema fechado, um tubo de ensaio fechado com uma rolha, por exemplo, a resposta ao item Q11 seria a mesma? Justifiquem.

PARTE C ⇢ Reação entre soluções de hidróxido de sódio e sulfato de cobre (II)

Cuidado ao manipular o NaOH e o $CuSO_4$. Sua ingestão pode causar danos graves e permanentes ao sistema gastrointestinal. Em caso de contato com a pele, lave com água em abundância. Em caso de ingestão, **não** provoque vômito e beba grandes quantidades de água ou leite. Procure imediatamente um médico.

Material

Solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 mol/L, solução de sulfato de cobre (II) ($CuSO_4$) 0,1 mol/L, um tubo de ensaio e uma proveta de 5 mL ou um conta-gotas.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 7.5
Soluções de hidróxido de sódio (NaOH) e sulfato de cobre (II) ($CuSO_4$).

O que fazer

A4 Coloquem aproximadamente 2 mL (40 gotas) de solução de NaOH 0,1 mol/L em um tubo de ensaio.

A5 Em seguida, adicionem aproximadamente a mesma quantidade da solução $CuSO_4$ 0,1 mol/L ao tubo com a solução de NaOH.

Questões

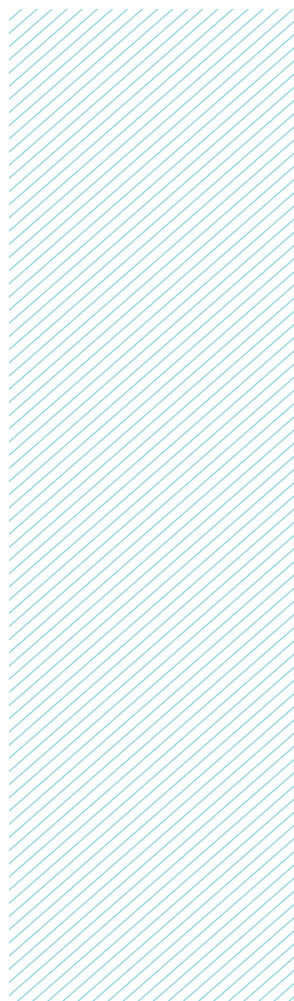
Q13. Descrevam as características do sistema inicial (soluções de NaOH e de $CuSO_4$).

Q14. Descrevam as características do sistema após a adição da solução de $CuSO_4$ à solução de NaOH.

Q15. Qual a evidência de que ocorreu uma transformação?

Q16. Como vocês poderiam identificar as novas substâncias que foram formadas?

Q17. Se vocês determinassem a massa inicial (m_i) do sistema (solução de NaOH e solução de $CuSO_4$ separadas) e a massa final (m_f) do sistema, depois que a transformação se completou, vocês acham que m_i seria maior, menor ou igual a m_f? Justifiquem.

Q18. Se a reação tivesse se passado em um sistema fechado, um tubo de ensaio fechado com uma rolha, por exemplo, a resposta ao item Q17 seria a mesma? Justifiquem.

PARTE D ⇢ Reação entre soluções de ácido clorídrico e hidróxido de sódio

Esta experiência deve ser realizada com a supervisão de seu professor. Cuidado ao manipular o NaOH e o HCl. Evite contato com a pele e não inale os vapores. Em caso de contato com a pele, lave-a com água em abundância. Em caso de ingestão, **não** provoque vômito e beba grandes quantidades de água. Procure imediatamente um médico.

Material

Solução de hidróxido de sódio (NaOH) 5 mol/L, ácido clorídrico (HCl) 5 mol/L, um tubo de ensaio e uma proveta de 5 mL ou um conta-gotas.

Figura 7.6
Soluções de ácido clorídrico (HCl) e hidróxido de sódio (NaOH).

O que fazer

A6 Coloquem aproximadamente 2 mL (40 gotas) da solução de NaOH 5 mol/L em um tubo de ensaio.

A7 Em seguida, adicionem aproximadamente a mesma quantidade de solução de HCl ao tubo com a solução de NaOH.

Questões

Q19. Descrevam as características do sistema inicial (solução de HCl e solução de NaOH) antes da transformação.

Q20. Descrevam as características do sistema após a adição da solução de HCl à solução de NaOH.

Q21. Qual a evidência de que está ocorrendo uma transformação?

Q22. Como vocês poderiam identificar as novas substâncias que foram formadas nesta atividade?

Q23. Se vocês determinassem a massa inicial (m_i) do sistema (solução de NaOH e solução de HCl separados) com a massa final (m_f) do sistema, depois que a transformação se completou, vocês acham que m_i seria maior, menor ou igual a m_f? Justifiquem.

Q24. Se a reação tivesse se passado em um sistema fechado, por exemplo num tubo de ensaio fechado com uma rolha, a resposta ao item Q23 seria a mesma? Justifiquem.

PARTE E ⇢ Reação entre soluções de ácido clorídrico e hidróxido de sódio na presença de fenolftaleína

Material

Solução de hidróxido de sódio (NaOH) 5 mol/L, solução alcoólica de fenolftaleína, solução de ácido clorídrico (HCl) 5 mol/L, um tubo de ensaio e uma proveta de 5 mL ou um conta-gotas.

Tenha cuidado! Esta experiência deve ser realizada com a supervisão de seu professor. Cuidado ao manipular o NaOH e o HCl. Evite contato com a pele e não inale os vapores. Em caso de contato com a pele, lave-a com água em abundância. Em caso de ingestão, **não** provoque vômito e beba grandes quantidades de água. Procure imediatamente um médico.

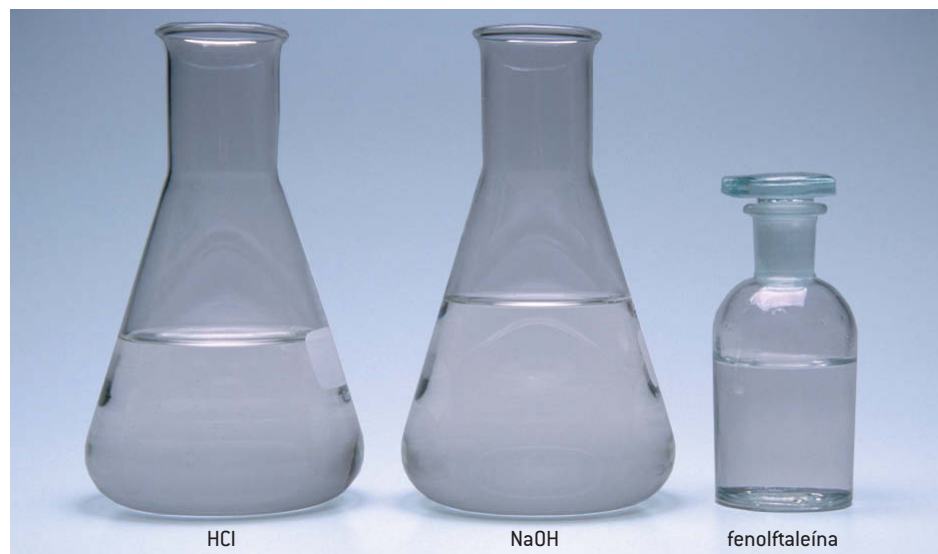



Figura 7.7 Soluções de ácido clorídrico (HCl), hidróxido de sódio (NaOH) e fenolftaleína.

O que fazer

A8 Coloquem aproximadamente 2 mL (40 gotas) de NaOH 5 mol/L no tubo de ensaio.

A9 Adicionem, ao mesmo tubo, 2 gotas da solução alcoólica de fenolftaleína e agite, levemente, o tubo.

A10 Em seguida, adicionem a solução de HCl 5 mol/L ao mesmo tubo, até dobrar o volume da solução e agite, levemente, o tubo.

Questões

Q25. Descrevam as características do sistema inicial (solução de NaOH, solução de fenolftaleína e solução de HCl) antes da transformação.

Q26. Descrevam as características do sistema quando vocês adicionaram gotas da solução de fenolftaleína à solução de NaOH.

Q27. Qual a evidência de que ocorreu uma transformação?

Q28. Como vocês poderiam identificar as novas substâncias que foram formadas?

Q29. Descrevam as características do sistema quando vocês adicionaram a solução de HCl à solução de NaOH contendo gotas da solução de fenolftaleína.

Q30. Qual a evidência de que ocorreu uma transformação?

Q31. Como vocês poderiam identificar as novas substâncias que foram formadas?

atividade 2

As evidências garantem que ocorreu uma transformação química?

Na Atividade 1, realizamos alguns experimentos nos quais o estado final de alguns sistemas era diferente do estado inicial. Nos diferentes sistemas com os quais trabalhamos, tivemos a oportunidade de observar a produção de gases, a produção de luz, a formação de precipitado, a liberação de calor e a mudança de cor.

Essas modificações são evidências de que ocorreu a produção de novos materiais naqueles sistemas. Por isso, podemos inferir que, provavelmente, aconteceu uma transformação ou reação química em cada um desses sistemas. Ao trabalhar com evidências, no entanto, sempre pode haver dúvidas se houve realmente uma transformação química.

A existência de uma evidência garante que houve produção de novos materiais numa transformação qualquer?

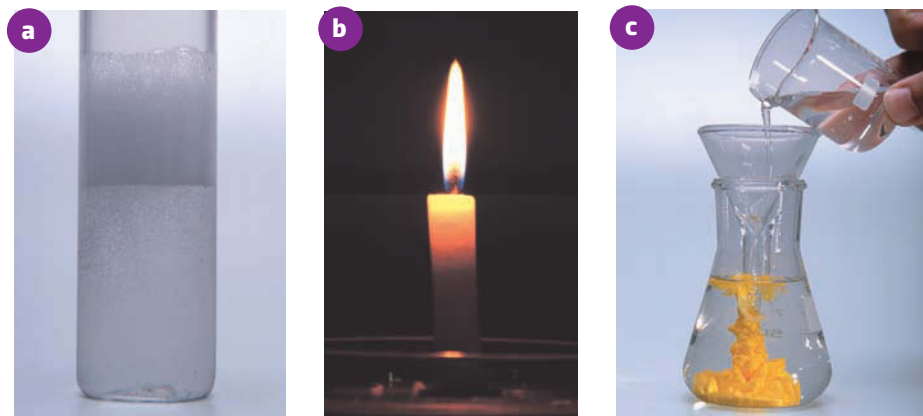
Poderiam ocorrer reações sem uma modificação observável no sistema?

a
b
c
Fotos: Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 7.8
Evidências de transformações:
a) Produção de gás;
b) Produção de luz;
c) Formação de precipitado.

7

Evidências de transformação

Nesta atividade, vamos aprofundar um pouco essa discussão com a finalidade de delimitar melhor o papel das evidências na identificação das reações químicas.

Material

Água, uma colher (de chá), refrigerante, sal de cozinha, açúcar, meio comprimido efervescente, três copos de vidro e uma proveta de 50 mL.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 7.9
Alguns materiais que você utilizará nesta atividade.

O que fazer

A11 Vamos trabalhar com os seguintes sistemas: 1) sal de cozinha e água; 2) refrigerante e açúcar; 3) água e comprimido efervescente. Construam um quadro para todos os sistemas com as características dos componentes no estado inicial, os registros das observações durante as transformações e as características no estado final de cada sistema.

A12 Identifiquem os copos com os números 1, 2 e 3. Adicionem 20 mL de água nos copos 1 e 3 e 20 mL de refrigerante ao copo 2.

A13 Adicionem uma colher (de chá) de sal ao copo 1, uma colher de açúcar ao copo 2 e meio comprimido efervescente ao copo 3.

Questões

Q32. Ao observar as transformações ocorridas, que diferenças podem ser reconhecidas entre os sistemas 1, 2 e 3?

Q33. O gás liberado nos sistemas 2 e 3 já existia em cada um dos sistemas iniciais?

Q34. Nos sistemas observados, houve produção de novo material? Em caso afirmativo, como se pode evidenciar esse fato?

No sistema 1, ao adicionarmos sal de cozinha à água, há formação de uma solução aquosa, com algumas características diferentes dos materiais iniciais. Por exemplo: a solução de sal de cozinha é boa condutora de eletricidade, o que não ocorre com a água e o sal sólido separadamente.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 7.10
A adição de sal à água forma uma solução condutora, o que não ocorre com a água e o sal sólido separadamente.

No sistema 2, ao adicionarmos açúcar ao refrigerante, observa-se um grande desprendimento de gás. Esse gás, no entanto, já estava presente no sistema inicial, dissolvido no líquido do refrigerante. Vocês já devem ter observado bolhas de gás que se desprendem quando transferimos o refrigerante de uma garrafa para um copo, ou quando abrimos um refrigerante quente. A adição do açúcar apenas acelera a

liberação do gás. Outra forma de liberar o gás, só que mais lentamente, é deixar o refrigerante aberto por muito tempo. Sob aquecimento, o gás também é liberado mais rapidamente.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 7.11
A adição do açúcar acelera a liberação do gás já existente no refrigerante.

No sistema 3, ao adicionarmos o meio comprimido efervescente à água, libera-se gás. Esse gás, no entanto, não estava presente nem no comprimido nem na água, mas foi produzido pela interação do comprimido com a água. Esse tipo de transformação, em que materiais não existentes inicialmente no sistema são produzidos, é chamado de **reação química** ou **transformação química**. A evidência para essa reação é a produção de gás.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 7.12
Neste sistema, o gás não estava presente, mas foi formado pela interação da água com o comprimido.

Questões

Q35. Se vocês evaporarem a água do sistema 3 no seu estado final, é possível obter novamente o material do comprimido?

Q36. Esse material produziria efervescência ao ser colocado na água? Justifiquem.

texto 1

As evidências e o reconhecimento de reações químicas

O reconhecimento de reações químicas está relacionado à presença de evidências que permitem diferenciar o estado final, quando comparado ao estado inicial do sistema. Dentre os exemplos estudados, uma das evidências foi a produção de gás.

Há várias outras evidências para o reconhecimento de reações químicas. Por exemplo, na coagulação da caseína do leite, usando coalho, o aparecimento de coágulos do leite também é evidência de que ocorre reação.

Esses tipos de evidências são formas simples e diretas de reconhecimento de reações químicas e podem envolver um ou mais dos seguintes fenômenos: **a formação de gases**, **a mudança de cor**, **a formação de sólido**, **a liberação ou absorção de energia na forma de calor**, **a liberação de eletricidade ou luz**, etc.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 7.13
O aparecimento de coágulos no leite é uma evidência de que ocorreu uma transformação.

Não podemos ter certeza, no entanto, de que ocorreu uma reação química com base apenas nessas evidências. Uma forma mais segura de obter informações sobre a natureza de uma transformação é o isolamento dos materiais obtidos, seguido da determinação de algumas de suas propriedades, como as temperaturas de fusão e de ebulição, a densidade, etc.

A constatação de que essas propriedades são diferentes daquelas dos componentes do sistema inicial é uma forma mais segura de comprovar a ocorrência de reações químicas. Na prática, esse último procedimento só é usado quando trabalhamos com reações desconhecidas, para as quais não se tem certeza da natureza dos produtos. O conhecimento das evidências de reações químicas é uma ferramenta empírica poderosa que ajuda os químicos a ganhar tempo na caracterização das transformações.

A dissolução de açúcar em água e as mudanças de fase da água são exemplos de fenômenos em que ocorrem transformações do estado físico no qual o material se encontra. Uma característica comum a esses dois fenômenos é que não há produção de novos materiais. Além disso, é possível obter novamente o material no seu estado inicial. Ou seja, é possível obter a água no estado líquido pelo resfriamento do vapor e obter o açúcar no estado sólido pela evaporação do solvente.

A outra classe de fenômenos que observamos são as reações químicas. Nesse caso, há formação de novos materiais. Quando as reações são irreversíveis, a exemplo das que foram estudadas, não é possível obter novamente os materiais iniciais. Em reações reversíveis, isso é possível.

Concluindo, as reações químicas são geralmente acompanhadas de transformações físicas, que permitem evidenciar sua ocorrência. O que podemos reconhecer são as transformações físicas, pois não há uma evidência direta de que o fenômeno ocorrido caracterize uma reação química. É o nosso conhecimento empírico acumulado que permite identificar, por meio dessas transformações físicas, os casos em que há produção de novos materiais e, portanto, reações químicas.

Susan E. Degginger/Alamy/Other Images

Figura 7.14
Numa transformação de estado físico não há formação de novo material.

Questões

Q37. Dos fenômenos relacionados a seguir, quais podem ser classificados como reações químicas? Justifique, descrevendo os estados inicial e final para cada caso e citando as evidências.

a) Dissolução de permanganato de potássio ($KMnO_4$) em água.

b) Mistura de tinta azul com tinta amarela para produzir tinta verde.

c) Fusão da naftalina.

d) Formação de ferrugem.

e) Mistura de soluções bastante diluídas de NaOH e HCl.

f) Queima de uma vela.

Q38. Com base nas respostas da questão anterior e nas características das transformações discutidas, responda às perguntas que foram feitas na introdução da Atividade 2:

a) A existência de uma evidência garante que houve produção de novos materiais numa transformação qualquer? Justifique sua resposta.

b) Poderiam ocorrer reações sem uma modificação observável no sistema? Justifique sua resposta.

atividade 3

A massa é conservada nas reações químicas?

Vamos investigar algumas características de três reações químicas diferentes. Nosso objetivo é verificar se a massa do estado inicial é igual à massa do estado final ou diferente dela. A noção de **conservação da massa** é importante para a discussão do tipo de transformação envolvida numa reação química, já que devemos analisá-la considerando tanto o que se transforma como o que se conserva. A identidade de uma reação química resulta da tensão entre o que se transforma e o que se conserva na reação.

Sem essa identidade, seria impossível perceber que o sistema, depois da transformação, tem alguma relação com o sistema antes dela. Você, por exemplo, nunca é a mesma pessoa todos os dias, pois está se transformando constantemente, seja física ou mentalmente. Seus familiares e amigos, no entanto, são capazes de reconhecê-lo como a mesma pessoa, mesmo que fiquem algum tempo sem vê-lo. Isso é possível porque algo se conservou na sua aparência, apesar das mudanças. A identidade é uma característica fundamental de todos os sistemas que estão em transformação.

Nas reações químicas, como em qualquer outra transformação, também se observa essa característica. Algumas características permanecem constantes durante o processo, enquanto outras mudam. Até agora enfatizamos as mudanças que ocorrem num sistema reagente. Agora, vamos começar a nos preocupar com **o que se conserva**.

PARTE A ⇢ A reação do bicarbonato de sódio[1] com o ácido clorídrico

Vamos estudar uma transformação química que envolve a interação entre o bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$) e o ácido clorídrico (HCl) para compreender o que ocorre com a massa total antes e após a reação ocorrer. Observemos esse fenômeno em um sistema aberto e em um sistema fechado.

[1] Para a substância representada pela fórmula $NaHCO_3$, a Iupac recomenda a nomenclatura hidrogenocarbonato de sódio. No entanto, esta substância é popularmente conhecida como bicarbonato de sódio. Em nossos textos, optamos por manter o nome popular para a substância.

Reação em sistema aberto

Material

Quatro gramas de bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$), água, uma garrafa PET de 600 mL, ácido clorídrico (HCl) 5 mol/L (10 mL), uma balança, um béquer de 50 mL, uma proveta de 50 mL, um tubo de ensaio pequeno (ele deve passar pela abertura da garrafa) e uma espátula ou colher de sobremesa.

Tenha cuidado! Esta experiência deve ser realizada com a supervisão de seu professor. Cuidado ao manipular o HCl, pois ele é corrosivo. Não inale os vapores. No caso de contato com a pele, lave com água em abundância. Em caso de ingestão, **não** provoque vômito e beba grandes quantidades de água. Procure imediatamente um médico.

O que fazer

A14 Transfiram aproximadamente 2,0 g (duas colheres de sobremesa) de $NaHCO_3$ para a garrafa PET de 600 mL; em seguida, adicionem 40 mL de água.

A15 Transfiram, **com cuidado**, 5 mL do HCl 5 mol/L para o béquer de 50 mL.

A16 Pesem o béquer com a garrafa PET e anotem o valor da massa ($m_{PET} + m_{béquer}$).

A17 Transfiram o ácido para a garrafa PET, fechem a garrafa com a tampa, agitem bastante, retirem a tampa da garrafa e aguardem até a reação se completar.

A18 Pesem novamente todo o conjunto ($m_{PET} + m_{béquer}$) e anotem o valor da massa encontrada. (Observação: anotem também os valores obtidos pelos outros grupos.)

A19 Construam um quadro com os dados obtidos por todos os grupos da classe, com massa (em g) do sistema antes e depois da reação.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 7.15 Materiais de que vocês vão precisar neste experimento.

Reação em sistema fechado

O que fazer

A20 Repitam o mesmo procedimento indicado no item A14. Em seguida, procedam de acordo com os itens a seguir.

A21 Transfiram, **com cuidado**, 5 mL do HCl 5 mol/L para o tubo de ensaio.

A22 Introduzam o tubo na garrafa PET sem deixar que o ácido entre em contato com a água com $NaHCO_3$. Em seguida, tampem a garrafa firmemente.

A23 Pesem o conjunto e anotem o valor da massa inicial do sistema (m_i).

A24 Inclinem a garrafa PET, de modo que o ácido escoe lentamente; após a reação ter se processado, pesem novamente o conjunto e anotem o valor da massa final do sistema (m_f).

A25 Construam um quadro com os dados obtidos por todos os grupos da classe, com a massa (em g) do sistema antes e depois da reação.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 7.16
Vejam como o tubo de ensaio deve ficar dentro da garrafa PET para evitar o contato entre as duas soluções.

Questões

Q39. Que evidências permitem afirmar que ocorreram reações químicas?

Q40. Comparem os valores obtidos para as massas do sistema, antes e depois da reação, nos dois casos (sistemas aberto e fechado). O que vocês podem constatar?

Q41. A que vocês atribuem a diferença observada?

Q42. Com os dados do quadro, é possível afirmar que a massa se conserva numa reação química?

PARTE B ⇢ A reação entre hidróxido de sódio e sulfato de cobre (II)

Material

Solução de hidróxido de sódio (NaOH), solução de sulfato de cobre (II) ($CuSO_4$), água, uma balança, dois béqueres de 50 mL, dois bastões de vidro e uma colher de chá.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 7.17
Materiais de que vocês vão precisar neste experimento.

Esta experiência deve ser realizada com a supervisão de seu professor. Cuidado ao manipular o NaOH e o $CuSO_4$. Evite o contato com a pele. Se isso ocorrer, lave-a com água em abundância. Em caso de ingestão, **não** provoque vômito e beba grandes quantidades de água. Procure imediatamente um médico.

7

O que fazer

Tenha muita cautela ao preparar a solução de NaOH em água e siga rigorosamente as quantidades indicadas no item A26.

A26 Preparem uma solução de soda cáustica (hidróxido de sódio, NaOH) em um béquer de 50 mL com **muito cuidado**, dissolvendo uma colher de chá de NaOH em 25 mL de água. Agitem o sistema utilizando um bastão de vidro ou a colher.

A27 Preparem uma solução de $CuSO_4$ no outro béquer de 50 mL, dissolvendo uma colher (de chá) de $CuSO_4$ em 25 mL de água. Agitem o sistema utilizando um bastão de vidro ou a colher.

A28 Pesem os dois béqueres contendo as soluções, juntos, e obtenham a massa inicial do sistema (m_i).

A29 Transfiram, lentamente, a solução de $CuSO_4$ para o frasco contendo soda cáustica (hidróxido de sódio, NaOH), agitando a solução resultante com um bastão de vidro.

A30 Tornem a pesar os dois frascos após a reação se completar e obtenham a massa final do sistema.

A31 Construam um quadro com os dados obtidos por todos os grupos da classe, com a massa (em g) do sistema antes e depois da reação.

Questões

Q43. Que evidências permitem afirmar que ocorreu uma reação química?

Q44. Comparando os valores obtidos para as massas do sistema, antes e depois da reação, o que se pode constatar? Vocês esperavam obter esse resultado?

Q45. Com os dados do quadro, é possível afirmar que a massa é conservada numa reação química?

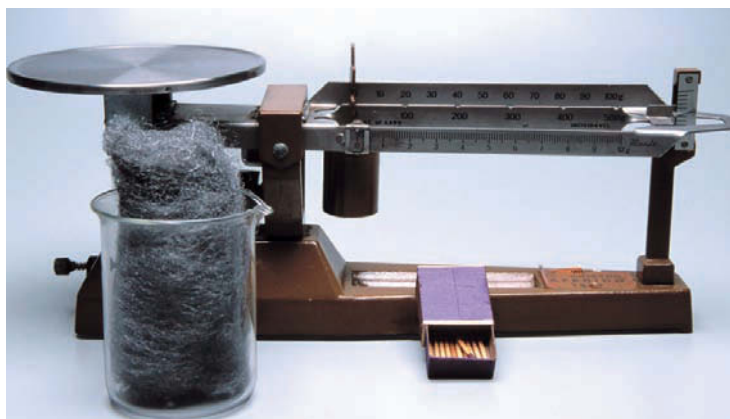
Q46. Comparem essa reação com a anterior (entre o bicarbonato de sódio, $NaHCO_3$, e o ácido clorídrico, HCl). Por que não foi necessário usar um frasco fechado para constatar a conservação de massa na reação química do $CuSO_4$ com a soda cáustica?

PARTE C → A queima de lã de aço

Material

Um pedaço de lã de aço, um béquer de 250 mL (ou vidro de relógio ou ainda um pires de xícara de chá), uma balança e uma caixa de fósforos ou um isqueiro.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 7.18
Alguns materiais de que vocês vão precisar neste experimento.

O que fazer

A32 Coloquem um pedaço de lã de aço no béquer de 250 mL (ou no vidro de relógio ou pires). É importante aumentar a superfície de contato da lã de aço com o ar. Para isso, abram-na bastante antes de colocar no recipiente escolhido. Pesem o sistema e anotem a sua massa inicial (m_i).

Cuidado ao manipular o fogo.

A33 Utilizando fósforos ou o isqueiro, queimem a lã de aço **dentro** do béquer ou **sobre** o vidro de relógio ou o pires. Procurem queimar o material completamente. Pesem novamente o sistema e anotem a massa final do sistema (m_f).

A34 Construam um quadro com os dados obtidos por todos os grupos da classe, com a massa (em g) do sistema antes e depois da reação.

Questões

Q47. Que evidências permitem afirmar que ocorreu uma reação química?

Q48. Comparando os valores obtidos para as massas dos sistemas, antes e depois da queima, o que se pode constatar? Vocês esperavam obter esse resultado?

Q49. Com os dados do quadro, é possível afirmar que a massa se conserva numa reação química? Como vocês explicam os dados obtidos?

Q50. Completem a seguinte afirmação: "A massa se conserva nas reações químicas...", de modo que ela possa exprimir uma conclusão obtida com as três reações estudadas nesta atividade.

texto 2

A massa é conservada nas reações químicas?

É comum a ideia de que objetos, ao serem queimados, ficam mais leves. Isso se deve ao fato de lidarmos, em nosso cotidiano, com um grande número de combustões que envolvem produtos gasosos. Por exemplo, o etanol (C_2H_5OH) tem como produtos de sua queima gases como dióxido de carbono (CO_2) e vapor de água, entre outros.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 7.19
Como algumas combustões produzem gases, é comum termos a ideia de que com a queima os objetos ficam mais "leves".

7

Se a reação ocorre em sistemas abertos, esses gases ficam dispersos na atmosfera. Ao contrário do que ocorre com uma vela ou um pedaço de papel, cujos produtos também incluem substâncias gasosas, a lã de aço, ao ser queimada, tem sua massa aumentada.

Fotos: Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

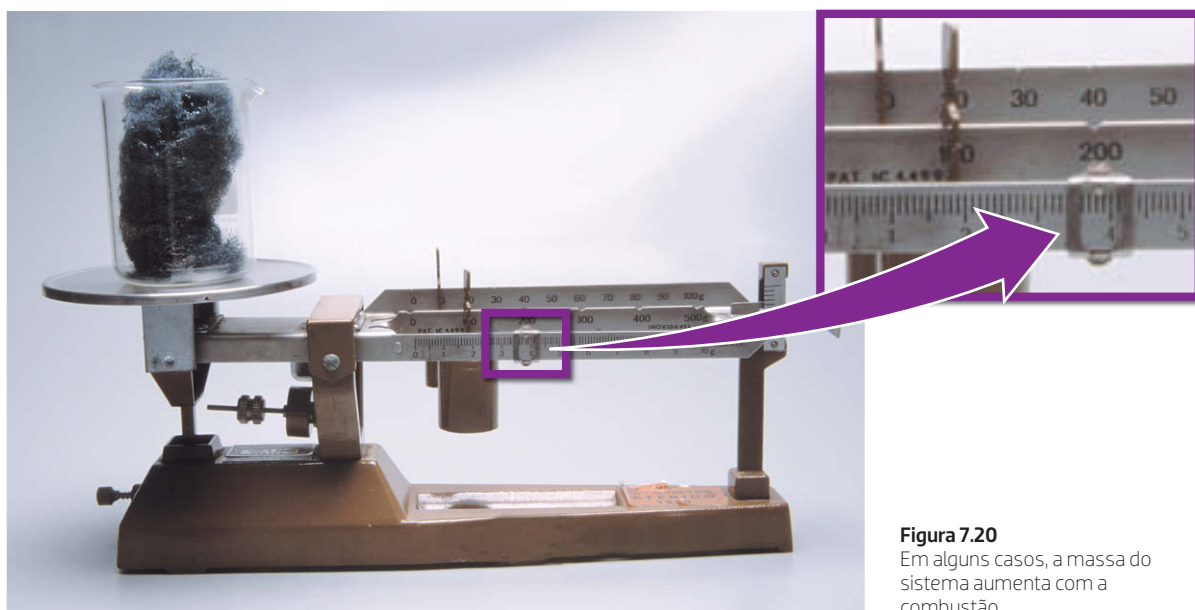
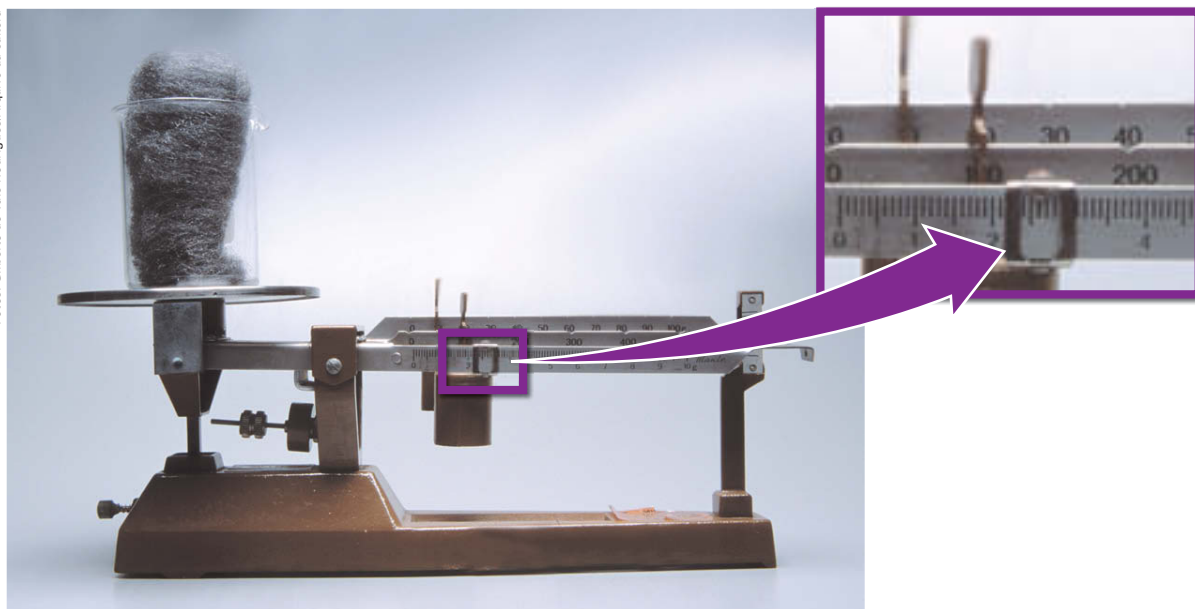



Figura 7.20
Em alguns casos, a massa do sistema aumenta com a combustão.

A maioria das combustões envolve a participação do oxigênio (O_2), chamado comburente. Os produtos formados terão, em sua composição, átomos de oxigênio; por exemplo: CO_2, H_2O, CuO, FeO, Fe_2O_3, etc. Como o óxido de cobre (CuO) e os óxidos de ferro (FeO e Fe_2O_3), são sólidos, com elevadas temperaturas de fusão, a temperatura que se atinge durante a queima da lã de aço ou de um fio de cobre não é suficiente para volatilizá-los. Já o dióxido de carbono (CO_2) é uma substância gasosa e a água (H_2O) pode ser facilmente vaporizada. Assim, ambos são desprendidos para a atmosfera.

Deve-se observar que a queima do papel e da vela, assim como a queima da lã de aço, não contraria a conservação da massa nas reações químicas. A soma das massas dos reagentes é igual à soma das massas dos produtos, mas nesse caso só podemos constatar a conservação de massa em sistemas fechados, pois nessas reações estão envolvidas substâncias gasosas, sejam como reagentes ou como produtos.

O fato de que a massa é conservada nas reações químicas é importante para podermos, mais adiante, representar as reações por equações usando símbolos químicos. A conservação da massa é uma forte evidência a favor da ideia de que nas reações químicas a matéria não é criada nem destruída, mas apenas se transforma por meio do rearranjo dos átomos que a constituem. Lavoisier (1743-1794), ao anunciar esse princípio, teria dito:

Pixtal/Arquivo da editora

Figura 7.21
Lavoisier, ao enunciar o Princípio de Conservação da Massa, teria dito que "na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma".

> "Na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma".

É por isso que a conservação da massa talvez seja a principal via para passarmos do nível fenomenológico, em que podemos observar as transformações, para o atômico-molecular, em que nos valemos de modelos para tentar explicar o que está ocorrendo. As ideias que utilizamos para justificar por que a massa se conserva nas transformações – "nada saiu e nada entrou no frasco", "não se acrescentou nem se tirou nada" – podem ser reinterpretadas em termos atômico-moleculares. Assim, "não entrou nem saiu nada" pode ser traduzido para "os átomos presentes no sistema inicial são os mesmos presentes no sistema final". Ao fazer essa "tradução", estamos estabelecendo relações entre as constatações sobre a conservação (ou não) da massa e o que isso significa, em nível atômico-molecular, para a conservação dos átomos.

Uma importante consequência desta conclusão – **a massa se conserva porque os átomos dos elementos químicos envolvidos na transformação se conservam** – é que ela nos dá uma indicação do tipo de transformação que um determinado material pode sofrer. Assim, esperamos que os produtos da reação de combustão da vela serão gás carbônico (CO_2) e água (H_2O), entre outros, porque a vela é produzida a partir de uma substância, constituída por átomos de carbono e hidrogênio, que reage com o oxigênio do ar na combustão. Assim, os elementos que constituem os reagentes e os produtos são os mesmos (carbono, hidrogênio e oxigênio).

Essa conclusão é importante porque limita que produtos podem ser esperados de uma reação. O ideal dos alquimistas – obter ouro, submetendo enxofre e mercúrio a várias transformações – é impossível, pois as substâncias simples mercúrio e enxofre são formadas por átomos de elementos diferentes daqueles que formam a substância simples ouro. Eles não são constituídos por átomos do mesmo tipo.

Por outro lado, essa interpretação de que os átomos são conservados numa reação química não proíbe que se possa tentar obter, a partir do açúcar comum (sacarose), diamante e água. Afinal, açúcar é constituído por átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio; o diamante, por átomos de carbono; e a água, por átomos de oxigênio e hidrogênio.

Se essa reação não acontece é porque há outras limitações impostas às reações químicas, que são relacionadas com as **mudanças na energia do sistema,** quando esse é transformado e com a **velocidade com que a reação se processa**. Uma resposta mais completa a essas questões será fornecida em capítulos posteriores.

texto 3

A representação das reações químicas

Para representarmos as reações químicas por meio de equações, temos que usar fórmulas químicas e símbolos para indicar os reagentes e os produtos da reação.

Os símbolos dos elementos nos permitem representar as substâncias por fórmulas moleculares, que indicam, normalmente, os elementos participantes na composição da substância e a quantidade de cada participante. Por exemplo, quando representamos a água por H_2O, essa fórmula indica que a molécula de água tem dois átomos de hidrogênio e um átomo de oxigênio em sua composição. Estamos usando a palavra "molécula" pela primeira vez, para indicar a composição mínima de uma substância. No capítulo 9 aprofundaremos o significado dessa palavra.

Podemos também representar o modo pelo qual os átomos estão estruturados e como estão organizados no espaço. Nesse caso, temos uma fórmula estrutural. Os átomos de hidrogênio, no caso da molécula de água, formam um ângulo de aproximadamente 105º entre si. A fórmula estrutural indica, também, que o átomo de oxigênio está ligado a dois átomos de hidrogênio.

Figura 7.22
Fórmulas estruturais das moléculas de água e de gás carbônico.

No caso da molécula do gás carbônico (CO_2), o átomo de carbono está ligado a dois átomos de oxigênio e o ângulo entre essas ligações é de 180º, de forma que a molécula é linear.

Nas fórmulas estruturais, representamos cada ligação química por um traço. A existência de dois traços entre os átomos de carbono e de oxigênio, no caso da molécula de gás carbônico (CO_2), indica que existem duas ligações entre esses átomos. Mais uma vez é importante chamar a atenção para o fato de que esse tipo de representação não significa que a ligação química seja alguma coisa de natureza material. Ela é devida à **interação eletrostática** entre núcleos atômicos e eletros-

feras de átomos vizinhos. Em muitas situações, cada ligação química, representada por um traço, indica a presença de dois elétrons que estão sendo compartilhados pelos átomos vizinhos.

Existem algumas substâncias para as quais o significado da fórmula molecular é diferente, pois a substância não é constituída de moléculas, mas de íons ou de cadeias tridimensionais de átomos. Por exemplo, no caso do sal de cozinha, uma substância iônica, a fórmula NaCl indica apenas a proporção na qual os elementos se combinam. Assim, não é correto representar a fórmula estrutural do NaCl colocando um traço entre o "cloro" e o "sódio", uma vez que cada íon sódio, no cristal de NaCl, está ligado a seis íons cloreto, e cada íon cloreto está ligado a seis íons sódio. Na figura 7.23, o traço não indica um par de elétrons sendo compartilhado pelos íons cloreto e sódio, mas apenas uma atração de natureza elétrica entre os dois participantes. Outro exemplo é a substância diamante, em que cada cristal perfeito é considerado como se fosse uma enorme molécula de átomos de carbono ligados uns aos outros. Nesse caso, a fórmula é simplesmente C, mas os traços na figura significam que cada átomo de carbono está ligado a quatro outros átomos (por meio de pares de elétrons compartilhados).

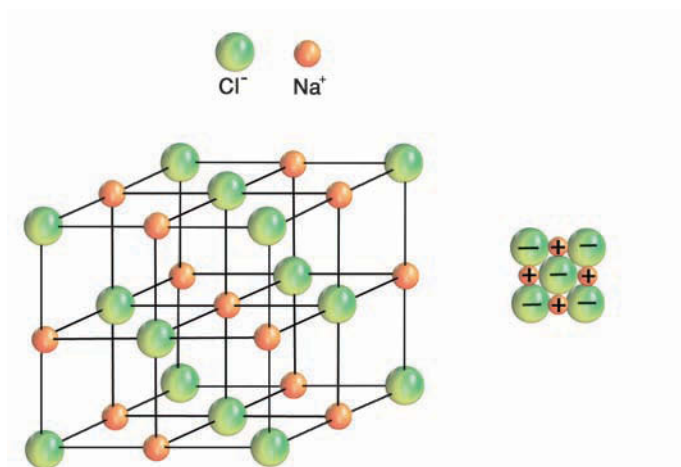



Figura 7.23
Esquema da estrutura do cristal de cloreto de sódio (NaCl).

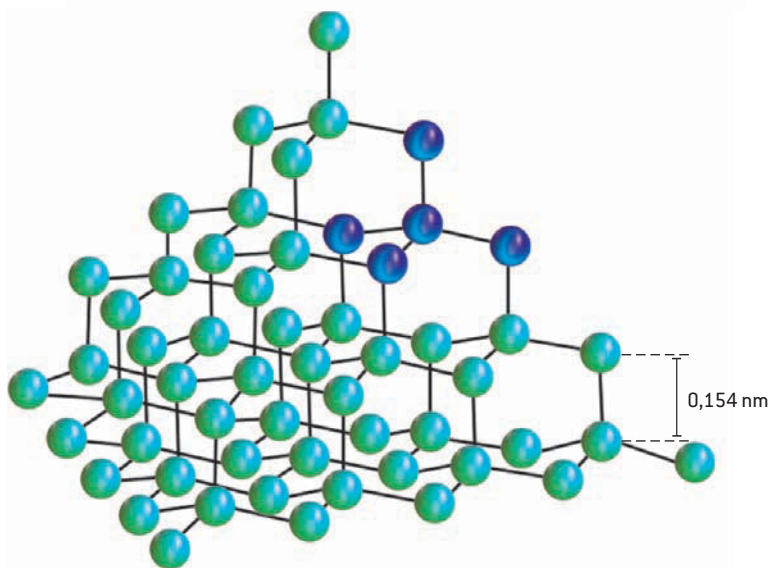



Figura 7.24
Esquema da estrutura do diamante.

Escrevendo equações químicas

Para representar os fenômenos por meio de equações químicas, temos que assumir uma série de pressupostos de maneira articulada e estar atentos ao fato de que a representação é uma simplificação do fenômeno. O primeiro pressuposto para escrevermos equações químicas é que os materiais são constituídos por átomos, que se conservam durante as transformações. A identidade das reações químicas vem dessa tensão entre a transformação dos materiais em novos materiais e a conservação dos seus átomos. Desse modo, o mesmo número de átomos de um determinado elemento químico existente nos reagentes deve constar também dos produtos. Isso explica o fato de a massa ser conservada numa reação química, o que pudemos constatar neste capítulo. A massa é conservada porque os átomos não são criados nem destruídos. Por isso, ao representarmos uma reação por uma equação, o número de átomos que constituem os reagentes deve ser igual ao número de átomos que constituem os produtos. A operação associada a esse princípio é chamada **balanceamento da equação química**. O balanceamento é importante para a realização de cálculos para a determinação de quantidades de reagentes ou de produtos.

O segundo pressuposto, que nos permite escrever equações químicas, é o de que, nas reações, os átomos se combinam para formar substâncias diferentes das iniciais. As formas com que os átomos se combinam são determinadas pela valência dos elementos e pelo arranjo espacial dos elétrons de valência.

Na equação química, escrevemos as fórmulas dos reagentes no lado esquerdo, para representar os materiais antes de a reação ocorrer. Os produtos, por sua vez, são representados no lado direito da equação, indicando que foram formados no processo. Esse processo é indicado por uma seta, que separa reagentes e produtos e que pode conter informações adicionais sobre as condições em que a transformação ocorre.

Na Atividade 3, por exemplo, trabalhamos com a reação química do bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$) com o ácido clorídrico (HCl). Poderíamos representar esse fenômeno escrevendo simplesmente: “o bicarbonato de sódio misturado com ácido clorídrico **produz** um gás e um líquido”.

A representação desse fenômeno por uma equação química envolve, inicialmente, uma simplificação, focalizando apenas um dos componentes do sistema, aquele que supomos ser o único participante da reação. Dessa forma, podemos representar, por exemplo, o bicarbonato de sódio por sua fórmula $NaHCO_3$, apesar de sabermos que o bicarbonato de sódio comercial tem várias impurezas. Também podemos indicar, na equação, o estado físico dos participantes. Isto é, no caso do bicarbonato de sódio incluímos a informação sobre seu estado, ou seja, $NaHCO_3$ (s), que significa que a substância está no estado sólido (s).

O ácido clorídrico é representado pela fórmula HCl. O ácido clorídrico puro é um gás, mas é comercializado em solução aquosa (aq). Para indicar essa situação, usamos HCl (aq).

A reação entre essas duas substâncias produz gás carbônico e outras substâncias que ficam em solução. O gás carbônico no estado gasoso (g) é representado por CO_2 (g). O cloreto de sódio, que se encontra em solução aquosa, é representado pela fórmula NaCl (aq). E finalmente a água, que se encontra no estado líquido (l), é representada por H_2O (l).

O fenômeno observado na reação entre o $NaHCO_3$ (s) e o HCl (aq) pode ser representado pela seguinte equação química:

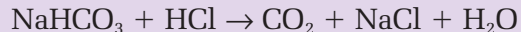
$$NaHCO_3 \text{ (s)} + HCl \text{ (aq)} \rightarrow CO_2 \text{ (g)} + NaCl \text{ (aq)} + H_2O \text{ (l)}$$

Essa equação deve ser lida da seguinte forma:

"Bicarbonato de sódio sólido reage com ácido clorídrico em solução aquosa formando gás carbônico, cloreto de sódio, em solução aquosa, e água líquida".

É importante observar que o **sinal de mais** (+) nos reagentes significa "reage", ao passo que nos produtos significa "e". A **seta** (→), separando reagentes de produtos, significa "formando".

Quando suprimimos a informação sobre os estados físicos e sobre a existência de espécies em solução, a equação é escrita do seguinte modo:

$$NaHCO_3 + HCl \rightarrow CO_2 + NaCl + H_2O$$

e pode ser lida da mesma forma, suprimindo-se as informações correspondentes.

EXERCÍCIOS

E1. O que é uma transformação química?

E2. Qual a diferença entre uma reação química e uma equação química?

E3. As partes metálicas dos objetos (como automóveis) ficam enferrujadas bem mais rapidamente quando estão nas cidades do litoral do que nas do interior. A formação da ferrugem ($Fe_2O_3 \rightarrow nH_2O$) resulta da interação do ferro (Fe) com o oxigênio (O_2) e com água (H_2O).

a) Por que se pode afirmar que o enferrujamento é uma reação química? Justifique.

b) Por que a reação de enferrujamento ocorre mais rapidamente no litoral do que no interior?

E4. Considere a seguinte equação química:

N_2H_4 (aq) + 2 H_2O_2 (aq) → N_2 (g) + 4 H_2O (l)

As seguintes afirmativas foram feitas por alunos em relação a essa equação. Justifique cada uma delas.

a) O número de átomos dos reagentes é igual ao número de átomos do produto.

b) A massa dos reagentes é igual à massa dos produtos.

c) A reação produz uma substância simples e uma substância composta.

d) Reagentes e produtos encontram-se em estados físicos diferentes.

atividade 4

Reversibilidade das reações químicas

Existem muitas reações químicas que são reversíveis. Isso significa que os produtos da reação também reagem entre si, formando novamente os reagentes. Para reações de interesse econômico, esse fato tem grandes implicações, já que o objetivo pode ser fazer com que a maior quantidade possível de reagentes se transforme em produtos. Muitas vezes, isso é conseguido alterando-se as condições em que a reação ocorre, por exemplo, variando a pressão, a temperatura, etc. No capítulo 4 do volume 2 voltaremos a estudar algumas dessas reações, com mais profundidade. Por enquanto, basta entendermos que há tanto reações químicas reversíveis quanto irreversíveis.

Investigando uma reação reversível

Os sais solúveis de cobalto têm uma propriedade interessante de se combinarem com a água, produzindo soluções com cores diferentes da cor original do sal. Esses compostos hidratados, quando submetidos ao aquecimento ou a ambientes muito secos, perdem essa água de hidratação e retornam à cor original. Essa propriedade é usada na fabricação de indicadores de umidade do ar, popularmente conhecidos como "galinhos portugueses".

Nesta atividade, vamos investigar essa propriedade dos sais de cobalto e fabricar um indicador de umidade do ar.

Fotos: Gabor Nemes/kino.com.br

Figura 7.25
Indicadores de umidade do ar são substâncias que estão participando de reações reversíveis.

Material

Um pedaço de papel branco, 20 mL de solução aquosa de cloreto de cobalto ($CoCl_2$), um secador de cabelo ou uma estufa, um recipiente com água, um ebulidor ou sistema para aquecimento da água, um conta-gotas.

Atenção ao manipular água quente.

O que fazer

A35 Desenhem no pedaço de papel uma figura à sua escolha. Recortem e umedeçam com a solução aquosa de cloreto de cobalto ($CoCl_2$). Usem a estufa ou o secador de cabelo para secar o papel. Submetam o papel, depois de seco, ao aquecimento, usando o próprio secador. Observem e registrem.

A36 Aqueçam a água com o ebulidor ou outro sistema de aquecimento. Em seguida, passem o papel sobre o vapor de água. Observem e registrem.

Esse fenômeno pode ser descrito da seguinte forma:

Cloreto de cobalto hidratado, sob aquecimento, produz cloreto de cobalto anidro e água.

E pode ser representado por esta equação química:

$$CoCl_2 \cdot 6\,H_2O \rightleftharpoons CoCl_2 + 6\,H_2O$$

Observem que a maneira de representar essa reação é ligeiramente diferente daquelas descritas no texto 3. Notem que a **seta dupla** ($\rightleftharpoons$) entre os reagentes e produtos indica que a reação é reversível, ou seja, na presença de umidade, o cloreto de cobalto anidro pode voltar a se hidratar. Além disso, o **ponto** ($\cdot$) colocado logo depois do $CoCl_2$ e antes das seis moléculas de água ($6\,H_2O$) indica que, para cada molécula de $CoCl_2$, temos seis moléculas de água. Essas moléculas de água são chamadas de **água de hidratação**.

na internet

<www.cienciamao.if.usp.br>

Página do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP). Nela você encontra sugestões de artigos, atividades, textos, livros, revistas e *softwares* sobre reações químicas. Acesso em: 9 ago. 2012.

<www.teachers.tv>

Nesta página você vai ter acesso a vários vídeos (em inglês), nos quais poderá visualizar algumas reações. Acesso em: 9 ago. 2012.

Questões de exames

Todas as questões devem ser respondidas em seu caderno. Não escreva no livro.

Q51. (UFMG) Um estudante listou os seguintes processos como exemplos de fenômenos que envolvem reações químicas:

I. Adição de álcool à gasolina.
II. Fermentação da massa na fabricação de pães.
III. Obtenção de sal por evaporação da água do mar.
IV. Precipitação da chuva.
V. Queima de uma vela.

O número de **erros** cometidos pelo estudante é:

a) 0. b) 1. c) 2. d) 3.

Q52. (UFMG) Uma mistura de hidrogênio, H_2 (g), e oxigênio, O_2 (g), reage, num recipiente hermeticamente fechado, em alta temperatura e em presença de um catalisador, produzindo vapor de água, H_2O (g). O desenho representa a mistura, antes da reação.

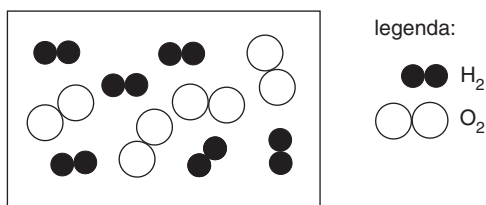



Figura 7.26 Questão Q52.

Supondo que a reação seja completa, o desenho que representa o estado final do sistema dentro do recipiente, considerando a quantidade de moléculas representadas para o estado inicial, é:

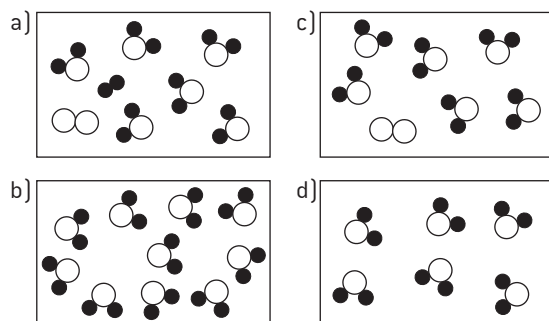



Figura 7.27 Alternativas da questão Q52.

Q53. (UFMG) Considere as seguintes reações químicas, que ocorrem em recipientes abertos, colocados sobre uma balança:

I. Reação de bicarbonato de sódio com vinagre, em um copo.
II. Queima de álcool, em um vidro de relógio.
III. Enferrujamento de um prego de ferro, colocado sobre um vidro de relógio.
IV. Dissolução de um comprimido efervescente, em um copo com água.

Em todos os exemplos, durante a reação química, a balança indicará uma diminuição da massa contida no recipiente, exceto em:

a) II. b) I. c) IV. d) III.

Q54. (Fuvest-SP) Leia a notícia a seguir:

Holanda quer deixar de ser um país baixo

Cientistas estão pesquisando a viabilidade de se elevar o litoral holandês – que é muito baixo e há séculos vem sendo ameaçado por enchentes – através da injeção de substâncias químicas na terra. Os pesquisadores acreditam poder elevar o litoral injetando ácido sulfúrico (H_2SO_4) numa camada de rocha calcária a 1,5 km abaixo da superfície. A reação química resultante produziria gipsita, que ocupa o dobro do espaço do calcário e que empurraria a superfície terrestre para cima.

Folha de S.Paulo, out. 1992.

Sabendo-se que a gipsita é sulfato de cálcio hidratado ($CaSO_4 \rightarrow H_2O$) e que o calcário é carbonato de cálcio ($CaCO_3$), a reação citada produz:

a) H_2S. c) CH_4.
b) CO_2. d) SO_3.

Q55. (UFV-MG) Das alternativas a seguir, aquela que **não** representa um fenômeno químico é:

a) Queima de uma folha de papel.
b) Dissolução de um comprimido efervescente em água.
c) Evaporação da água dos oceanos.
d) Destruição da camada de ozônio.
e) Digestão dos alimentos no organismo humano.

Q56. (UFPB) Na indústria, o uso de água com altos teores de íons Ca^{2+}, HCO_3^- e CO_3^{2-} não é recomendável, uma vez que o $CaCO_3$ que vai sendo formado se incrusta nas tubulações das caldeiras e de outros equipamentos. Tais incrustações podem ser removidas pela lavagem das tubulações com solução de ácido clorídrico. A reação do ácido clorídrico com o carbonato de cálcio é representada pela equação química:

a) $Ca(HCO_3)_2$ (s) + 2 HCl (aq) → $CaCl_2$ (aq) + CO_2 (g) + + 2 H_2O (l)
b) $Ca(HCO_3)_2$ (s) + 2 HCl (aq) → $CaCl_2$ (aq) + CO_2 (g) + + H_2O (l)
c) $CaCO_3$ (s) + 2 HCl (aq) → $CaCl_2$ (aq) + CO_2 (g) + H_2O (l)
d) $CaCO_3$ (s) + HCl (aq) → $CaCl_2$ (aq) + CO_2 (g) + H_2O (l)
e) $CaCO_3$ (s) + 2 HCl (aq) → $CaCl_2$ (aq) + CO_2 (g) + + 2 H_2O (l)

Q57. (UFSCar-SP) Durante uma aula de laboratório, um estudante queimou ao ar diferentes massas iniciais (m_i) de esponja de ferro. Ao final de cada experimento, determinou também a massa final resultante (m_f). Os resultados obtidos estão reunidos no quadro a seguir:

Experimento nº	Massa inicial m_i (g)	Massa final m_f (g)	Relação m_f/m_i
1	0,980	1,18	1,204
2	0,830	1,00	1,205
3	1,05	1,26	1,200
4	1,11	1,34	1,207

Quadro 7.1 Questão Q57.

Admitindo que em todos os experimentos a queima foi completa, o estudante fez as três afirmações seguintes.

I. A Lei da Conservação da Massa não foi obedecida, pois a massa final encontrada para o sistema em cada experimento é sempre maior que sua massa inicial.

II. O aumento de massa ocorrido em cada experimento se deve à transformação de energia em massa, tendo se verificado a conservação da soma (massa + energia) do sistema.

III. A relação constante obtida entre a massa final e a massa inicial do sistema (m_f/m_i), em cada experimento realizado, permite afirmar que, dentro do erro experimental, os dados obtidos estão de acordo com a Lei das Proporções Definidas.

Dentre as afirmações apresentadas, o estudante acertou:

a) I, apenas.
b) II, apenas.
c) III, apenas.
d) I e II, apenas.
e) I, II e III.

Q58. (Cesgranrio-RJ) De acordo com a Lei de Lavoisier, quando fizermos reagir completamente, em ambiente fechado, 1,12 g de ferro com 0,64 g de enxofre, a massa, em g, de sulfeto de ferro obtida será de: (Fe = 56; S = 32)

a) 2,76.
b) 2,24.
c) 1,76.
d) 1,28.
e) 0,48.

Q59. (Enem) Suponha que um agricultor esteja interessado em fazer uma plantação de girassóis. Procurando informação, leu a seguinte reportagem:

Solo ácido não favorece plantio

Alguns cuidados devem ser tomados por quem decide iniciar o cultivo do girassol. A oleaginosa deve ser plantada em solos descompactados, com pH acima de 5,2 (que indica menor acidez da terra). Conforme as recomendações da Embrapa, o agricultor deve colocar, por hectare, 40 a 60 kg de nitrogênio, 40 a 80 kg de potássio e 40 a 80 kg de fósforo. O pH do solo, na região do agricultor, é de 4,8. Dessa forma, o agricultor deverá fazer a "calagem".

Folha de S.Paulo, 25 set. 1996.

Suponha que o agricultor vá fazer calagem (aumento do pH do solo por adição de cal virgem – CaO). De maneira simplificada, a diminuição da acidez se dá pela interação da cal (CaO) com a água presente no solo, gerando hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$), que reage com os íons H^+ (dos ácidos), ocorrendo, então, a formação de água e deixando íons Ca^{2+} no solo.

Considere as seguintes equações:

I. $CaO + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_3$
II. $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$
III. $Ca(OH)_2 + 2H^+ \rightarrow Ca^{2+} + 2H_2O$
IV. $Ca(OH)_2 + H^+ \rightarrow CaO + H_2O$

O processo de calagem descrito pode ser representado pelas equações:

a) I e II.
b) I e IV.
c) II e III.
d) II e IV.
e) III e IV.

Q60. (Enem) O ferro pode ser obtido a partir da hematita, minério rico em óxido de ferro, pela reação com carvão e oxigênio. O quadro a seguir apresenta dados da análise de minério de ferro (hematita) obtido de várias regiões da Serra de Carajás.

Minério da região	Teor de enxofre (S)/% em massa	Teor de ferro (Fe)/ % em massa	Teor de sílica (Si)/ % em massa
1	0,019	63,5	0,97
2	0,020	68,1	0,47
3	0,003	67,5	0,61

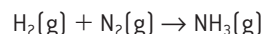
Quadro 7.2 Questão Q60.

ABREU, Sylvio Fróes. *Recursos minerais do Brasil*. São Paulo: Edusp, 1973. v. 2.

No processo de produção do ferro, dependendo do minério utilizado forma-se mais ou menos SO_2, um gás que contribui para o aumento da acidez da chuva. Considerando esse impacto ambiental e a quantidade de ferro produzida, pode-se afirmar que seria mais conveniente o processamento do minério da(s) região(ões):

a) 1, apenas.
b) 2, apenas.
c) 3, apenas.
d) 1 e 3, apenas.

Q61. (Fuvest-SP) Hidrogênio reage com nitrogênio formando amônia. A equação não balanceada que representa essa transformação é:

$$H_2(g) + N_2(g) \rightarrow NH_3(g)$$

Outra maneira de escrever essa equação química, mas agora balanceando-a e representando as moléculas dos três gases, é:

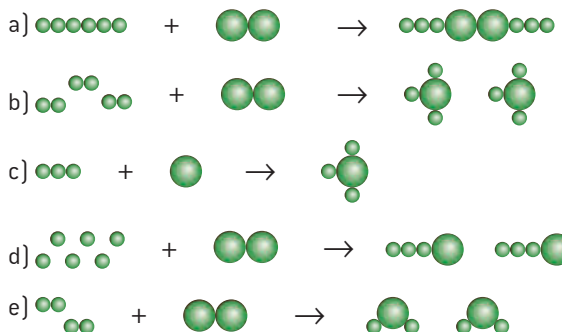



Figura 7.28 Questão Q61.

Q62. (Fuvest-SP) No seguinte trecho (adaptado) de uma peça teatral de C. Djerassi e R. Hoffmann, as esposas de três químicos do século XVIII conversam sobre um experimento feito com uma mistura de gases.

"SENHORA POHL – Uma vez o farmacêutico Scheele estava borbulhando [a mistura gasosa] através de uma espécie de água.

MADAME LAVOISIER – Deve ter sido água de cal.

SENHORA PRIESTLEY – A água ficou turva, não ficou?

MADAME LAVOISIER – É o mesmo gás que expiramos... o gás que removemos com a passagem através da água de cal.

SENHORA POHL – Depois ele me pediu que colocasse no gás remanescente um graveto já apagado, apenas em brasa numa das extremidades. Já estava escurecendo.

SENHORA PRIESTLEY – E o graveto inflamou-se com uma chama brilhante... e permaneceu aceso!"

Empregando símbolos e fórmulas atuais, podem-se representar os referidos componentes da mistura gasosa por:

a) CO_2 e O_2.
b) CO_2 e H_2.
c) N_2 e O_2.
d) N_2 e H_2.
e) CO e O_2.

Q63. (UEMS) O elemento oxigênio foi descoberto e isolado pela primeira vez pelo químico sueco C. H. Scheele em 1771, fazendo decomposição térmica do salitre (nitrato de potássio) em nitrito de potássio e gás oxigênio. A equação química que representa corretamente a reação de descoberta do oxigênio é:

a) $KNO_3\ (s) \rightarrow KNO\ (s) + O_2\ (g)$
b) $KNO_2\ (s) \rightarrow KNO\ (s) + O\ (g)$
c) $KNO_3\ (s) \rightarrow KNO_2\ (s) + 1/2\ O_2\ (g)$
d) $KNO_2\ (s) \rightarrow KNO\ (s) + O_2\ (g)$
e) $KNO_3\ (s) \rightarrow KNO_2\ (s) + O\ (g)$

Q64. (UFPE) Em quais das passagens destacadas a seguir está ocorrendo transformação química?

1) "O **reflexo da luz nas águas** onduladas pelos ventos lembrava-lhe os cabelos de seu amado."
2) "A **chama da vela** confundia-se com o brilho nos seus olhos."
3) "Desolado, observava **o gelo derretendo** em seu copo e ironicamente comparava-o ao seu coração."
4) "Com o passar dos tempos começou a sentir-se como a velha **tesoura enferrujando** no fundo da gaveta."

Estão corretas apenas:

a) 1 e 2.
b) 2 e 3.
c) 1 e 4.
d) 2 e 4.
e) 1 e 3.

Q65. (Faap-SP) As seguintes mudanças de cor são evidências de reações químicas em todos os casos, exceto:

a) A esponja de aço úmida passa, com o tempo, de acinzentada para avermelhada.
b) O filamento de uma lâmpada acesa passa de cinza para amarelo esbranquiçado.
c) Uma fotografia exposta ao sol se desbota.
d) A água sanitária descora uma calça *jeans*.
e) Uma banana cortada escurece com o passar do tempo.

Q66. (Enem) Produtos de limpeza, indevidamente guardados ou manipulados, estão entre as principais causas de acidentes domésticos. Leia o relato de uma pessoa que perdeu o olfato por ter misturado água sanitária, amoníaco e sabão em pó para limpar um banheiro:

<u>A mistura ferveu e começou a sair uma fumaça asfixiante.</u> Não conseguia respirar e meus olhos, nariz e garganta começaram a arder de maneira insuportável. Saí correndo à procura de uma janela aberta para poder voltar a respirar.

O trecho sublinhado poderia ser reescrito, em linguagem científica, da seguinte forma:

a) As substâncias químicas presentes nos produtos de limpeza evaporaram.
b) Com a mistura química, houve produção de uma solução aquosa asfixiante.
c) As substâncias sofreram transformações pelo contato com o oxigênio do ar.
d) Com a mistura, houve transformação química que produziu rapidamente gases tóxicos.
e) Com a mistura, houve transformação química, evidenciada pela dissolução de um sólido.

Q67. (PUC-MG) Dos processos a seguir, o que não envolve reação química é:

a) a planta clorofilada produzindo alimentos a partir de gás carbônico e água em presença de luz solar.
b) obtenção de sal a partir da água do mar.
c) enferrujamento de um prego exposto ao ar.
d) a combustão da gasolina no motor de um automóvel.
e) azedamento do leite.

Q68. (UPM-SP) Dos fenômenos a seguir, o único que não envolve uma reação química é:

a) a fermentação do leite.
b) a oxidação de um prego.
c) a sublimação da naftalina.
d) a queima de fogos de artifício.
e) o apodrecimento de uma fruta.

Q69. (UFSC) O(s) fenômeno(s) a seguir, que envolve(m) reação(ões) química(s), é (são):

(01) digestão dos alimentos.
(02) enferrujamento de uma calha.
(04) explosão da dinamite.
(08) fusão do gelo.
(16) queda da neve.
(32) combustão do álcool de um automóvel.
(64) sublimação da naftalina.

Dê como resposta a soma dos números das proposições corretas.

Q70. (Ceeteps-SP) A queima de uma amostra de palha de aço produz um composto pulverulento de massa:

a) menor que a massa original da palha de aço.
b) igual à massa original da palha de aço.
c) maior que a massa original da palha de aço.
d) igual à massa de oxigênio do ar que participa da reação.
e) menor que a massa de oxigênio do ar que participa da reação.

Q71. (UFMG) Reações químicas são fenômenos em que, necessariamente, ocorrem mudanças:

a) de cor.
b) de estado físico.
c) na condutibilidade elétrica.
d) de massa.
e) na natureza das substâncias.

Q72. (UPM-SP) 1 g de hidrogênio combina-se com 8 g de oxigênio para formar água, 5 g de hidrogênio combinar-se-ão com 40 g de oxigênio para formar esse mesmo composto. Essa afirmativa está baseada nos trabalhos de:

a) Empédocles.
b) Demócrito.
c) alquimistas.
d) Lavoisier.
e) Proust.

Q73. (Vunesp-SP) Numa viagem, um carro consome 10 kg de gasolina. Na combustão completa deste combustível, na condição de temperatura do motor, formam-se apenas compostos gasosos. Considerando-se o total de compostos formados, pode-se afirmar que eles:

a) não têm massa.
b) pesam exatamente 10 kg.
c) pesam mais que 10 kg.
d) pesam menos que 10 kg.
e) são constituídos por massas iguais de água e gás carbônico.

Q74. (Fuvest-SP) Os pratos *A* e *B* de uma balança foram equilibrados com um pedaço de papel em cada prato e efetuou-se a combustão apenas do material contido no prato A. Esse procedimento foi repetido com palha de aço em lugar de papel.

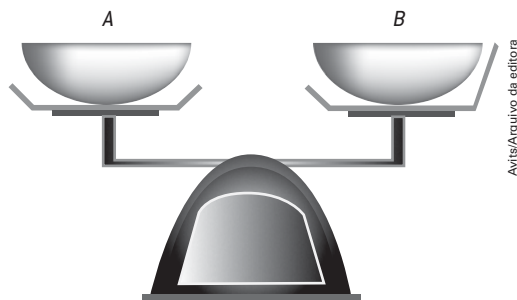



Figura 7.29 Questão Q74.

Após cada combustão, observou-se:

	Com papel	Com palha de aço
a)	*A* e *B* no mesmo nível	*A* e *B* no mesmo nível
b)	*A* abaixo de *B*	*A* abaixo de *B*
c)	*A* acima de *B*	*A* acima de *B*
d)	*A* acima de *B*	*A* abaixo de *B*
e)	*A* abaixo de *B*	*A* e *B* no mesmo nível

Quadro 7.3 Questão Q74.

Q75. (UFMG) Em um experimento, soluções aquosas de nitrato de prata, $AgNO_3$, e de cloreto de sódio, NaCl, reagem entre si e formam cloreto de prata, AgCl, sólido branco insolúvel, e nitrato de sódio, $NaNO_3$, sal solúvel em água.

A massa desses reagentes e a de seus produtos estão apresentadas neste quadro:

Massa das substâncias (g)			
Reagentes		Produtos	
$AgNO_3$	NaCl	AgCl	$NaNO_3$
1,699	0,585	*X*	0,850

Quadro 7.4 Questão Q75.

Considere que a reação foi completa e que não há reagentes em excesso. Assim sendo, é **correto** afirmar que *X* – ou seja, a massa de cloreto de prata produzida – é:

a) 0,585 g.
b) 1,434 g.
c) 1,699 g.
d) 2,284 g.

Q76. (Fuvest-SP) Quando 96 g de ozônio se transformam completamente, a massa de oxigênio comum produzida é igual a:

a) 32 g.
b) 48 g.
c) 64 g.
d) 80 g.
e) 96 g.

Q77. (Fuvest-SP) O prego que enferruja e o "palito de fósforo" que queima são exemplos de oxidações. No primeiro caso há um aumento de massa de sólido e no outro há uma diminuição.

Esses fatos contrariam a Lei da Conservação da Massa? Explique sua resposta para cada um dos fatos citados.

7

CAPÍTULO

8 Quantidades nas transformações químicas

CONTEÚDO DIGITAL

No estudo introdutório de reações químicas, realizado no capítulo 7, pudemos verificar que a massa se conserva nas reações químicas. O fato de que a massa de um sistema reagente não aumenta nem diminui em consequência da reação química implica que a soma das massas dos reagentes é igual à soma das massas dos produtos.

Observamos também que, para que esse princípio seja verificado em reações cujos produtos ou reagentes são gasosos, a reação deve ser realizada em sistemas fechados, impedindo que os gases escapem do sistema para a atmosfera.

Naquela ocasião, no entanto, não discutimos se há alguma relação entre as quantidades das substâncias que reagem para formar os produtos. É o que veremos a seguir.

R$ 240,00
O CENTO

- **Todos os reagentes se transformam em produtos?**
- **Há alguma proporção ideal entre a quantidade das substâncias reagentes para a formação da maior quantidade possível de produtos?**

Figura 8.1 Quantidades são importantes em nossa vida.

atividade 1

Existe uma relação entre as quantidades de reagentes para formar os produtos de uma reação química?

Nesta atividade, tentaremos responder às questões feitas na introdução do capítulo, examinando alguns dados obtidos em um experimento envolvendo a reação entre nitrato de chumbo (II) [$Pb(NO_3)_2$] e iodeto de potássio (KI).

O experimento foi escolhido para investigar essas questões porque a reação entre o $Pb(NO_3)_2$ e o KI forma um produto insolúvel em água, que se precipita na forma de um sólido amarelo. Se deixarmos o sistema em repouso, após adicionarmos os reagentes, o precipitado amarelo se deposita no fundo do tubo. Se, após isso, medirmos, com o auxílio de uma régua, a altura do precipitado formado, teremos condições de comparar a quantidade de produto formado quando se misturam diferentes quantidades de reagentes. Para que pudéssemos efetuar essa comparação, usamos em nosso experimento soluções de $Pb(NO_3)_2$ e KI numa mesma concentração (0,5 mol/L). Isso significa que, num mesmo volume dessas duas soluções, tem-se a mesma quantidade de um e de outro reagente. Voltaremos a discutir o significado dessa ideia de "mesma quantidade" no Texto 1, após realizarmos esta atividade.

PARTE A ⇢ Estabelecendo a relação ideal entre as quantidades de nitrato de chumbo (II) e iodeto de potássio para a formação de iodeto de chumbo (II) (precipitado amarelo)

O que foi feito

Em cinco tubos de ensaio numerados, colocaram-se diferentes volumes de KI 0,5 mol/L.

Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 8.2
A foto mostra os tubos de ensaio com quantidades diferentes de iodeto de potássio (KI).

Adicionou-se aos cinco tubos o volume de solução 0,5 mol/L de $Pb(NO_3)_2$ indicado para cada tubo no quadro 8.1. Os tubos de ensaio foram deixados em repouso, por, no mínimo, 5 min, até que o precipitado (é comum utilizarmos a abreviatura **ppt** para nos referimos a um precipitado) estivesse depositado no fundo.

Fotos: Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 8.3
Os cinco tubos contendo os precipitados.

Em seguida, mediu-se a altura do precipitado nos cinco tubos, usando uma régua. Os resultados foram anotados no quadro 8.1.

Tubo	Volume da solução de KI (em mL)	Volume da solução de $Pb(NO_3)_2$ (em mL)	Altura do precipitado (em cm)
1	10	2	1,0
2	8	4	2,5
3	6	6	1,0
4	4	8	0,8
5	2	10	0,5

Quadro 8.1
Altura do precipitado de iodeto de chumbo (II), PbI_2, em função dos volumes de iodeto de potássio, KI, e de nitrato de chumbo (II), $Pb(NO_3)_2$, utilizados no experimento.

Figura 8.4
As alturas dos precipitados foram medidas com uma régua.

O que fazer

A1 Reproduzam o quadro 8.1 no caderno e acrescentem mais uma coluna com o título: Relação iodeto/nitrato.

A2 Utilizando os resultados obtidos para o experimento registrados no quadro 8.1, preencham a coluna Relação iodeto/nitrato, dividindo os volumes de cada tubo pelo menor valor. Por exemplo, no tubo 1, dividindo-se 10 mL e 2 mL por 2 mL, descobre-se que a relação iodeto/nitrato é 5/1 ou 5 : 1 (lê-se 5 por 1).

A3 Façam um gráfico, em papel milimetrado ou quadriculado, da altura do precipitado obtido em centímetros (eixo das ordenadas) em função da relação iodeto/nitrato (eixo das abscissas).

8

Questões

Q1. Baseando-se nos dados do quadro no caderno e do gráfico construído, que relação iodeto/nitrato possibilitou a formação da maior quantidade de precipitado amarelo?

Q2. Considerando a relação que vocês encontraram na Q1 como a relação ideal entre os volumes de KI e $Pb(NO_3)_2$, em que tubos vocês avaliam que exista:

a) KI sem reagir (em excesso)? Expliquem a resposta;

b) $Pb(NO_3)_2$ sem reagir (em excesso)? Expliquem a resposta.

PARTE B ⇢ Verificando a existência de excesso de reagentes

Para verificar a existência de excesso de reagentes, retirou-se, com o auxílio de um conta-gotas, algumas gotas da solução sobrenadante (material que fica acima do precipitado) de cada tubo para verificar se ela reagia com KI e com $Pb(NO_3)_2$.

Gilberto do Vale Rodrigues/ Arquivo da editora

Figura 8.5
Retiramos o sobrenadante com um conta-gotas.

Questões preliminares

Q3. Caso o sobrenadante reaja com o KI, que reagente está em excesso?

Q4. Caso o sobrenadante reaja com o $Pb(NO_3)_2$, que reagente está em excesso?

Q5. Respondam às questões a seguir:

a) Se nenhuma reação ocorrer, há algum reagente em excesso?

b) Nesse último caso, o que vocês podem concluir sobre a proporção entre KI e $Pb(NO_3)_2$?

Foram retiradas três gotas da solução sobrenadante de cada um dos cinco tubos do experimento anterior, que foram colocadas, respectivamente, em cinco tubos de ensaio etiquetados de 1 a 5, de acordo com a numeração dos tubos da parte A. Pingamos duas gotas de solução de $Pb(NO_3)_2$ em cada um dos cinco tubos. Registramos o que foi observado na coluna **Teste com $Pb(NO_3)_2$**.

Repetimos o procedimento descrito anteriormente usando o outro conjunto de tubos numerados. Duas gotas de solução de KI foram colocadas em cada tubo de ensaio. O que foi observado está registrado na coluna **Teste com KI**.

Tubo	Teste com KI	Teste com $Pb(NO_3)_2$
1	negativo	positivo
2	negativo	negativo
3	positivo	negativo
4	positivo	negativo
5	positivo	negativo

Quadro 8.2
Resultados para os testes com KI e $Pb(NO_3)_2$ realizados na solução sobrenadante.

Questões

Q6. Qual foi a evidência de que ocorreu uma reação química quando se misturou KI e $Pb(NO_3)_2$?

Q7. Comparem suas respostas à questão Q2 da parte A com os resultados obtidos na parte B. Suas expectativas foram confirmadas pela experiência? Expliquem.

Q8. Tentem escrever a equação para essa reação química, levando em consideração a relação ideal que vocês obtiveram entre os reagentes. Considerem que o precipitado amarelo é iodeto de chumbo (II) (PbI_2) e que o outro produto formado, nitrato de potássio (KNO_3), encontra-se na solução sobrenadante por ser solúvel em água.

Q9. Na equação que vocês escreveram na questão Q8, o número de átomos de cada elemento químico é o mesmo nos reagentes e produtos? Deveria ser? Por quê?

Q10. Reescrevam no caderno (ser for o caso) a equação química para a reação entre KI e $Pb(NO_3)_2$, levando em consideração o que foi respondido na questão Q9.

Q11. É usual, ao escrever uma equação química, indicar o estado físico dos reagentes e produtos: (s) quando no estado sólido, (l) quando no estado líquido, (g) quando no estado gasoso e (aq) quando em solução aquosa.

Considerando essa informação, reescrevam a equação química para a reação entre KI e $Pb(NO_3)_2$.

Q12. Na equação obtida na questão Q10, o que indica que a relação ótima entre KI e $Pb(NO_3)_2$ é a que vocês encontraram na parte A?

Q13. Nesta atividade, vocês descobriram que existe uma relação ideal entre as quantidades de KI e de $Pb(NO_3)_2$ que reagem para formar iodeto de chumbo (II) (PbI_2) e nitrato de potássio (KNO_3). Nos tubos em que essa relação ideal não foi observada, sempre existiu excesso de um ou de outro reagente.

a) Qual foi a relação ideal encontrada nesse experimento?

b) Se vocês usassem outros reagentes, encontrariam alguma relação ideal? Ela seria a mesma? Explique.

8

Considerações finais

Estamos discutindo, nesta atividade, a existência de uma relação entre as quantidades de reagentes na formação dos produtos de uma reação química. Observamos que as substâncias sempre mantêm a mesma proporção ao se combinarem. Essa ideia foi sugerida no final do século XVIII por um cientista francês, Joseph Louis Proust (1754--1826), e é conhecida como **Lei das Proporções Definidas** ou **Lei de Proust**.

©Michael Nicholson/Corbis/Latinstock

Figura 8.6
Joseph Proust sugeriu, no final do século XVIII, a Lei das Proporções Definidas.

Proust foi capaz de mostrar que as substâncias não se combinavam numa variedade infinita de proporções, como pensava, por exemplo, Lavoisier (1743-1794), mas apenas em proporções definidas por números inteiros. Usando essa ideia, Proust foi capaz de propor uma definição para compostos químicos "verdadeiros", para diferenciá-los de soluções e ligas metálicas. Segundo Proust, esses compostos verdadeiros teriam composições definidas, independentemente da forma como teriam sido preparados. Nas palavras de Proust:

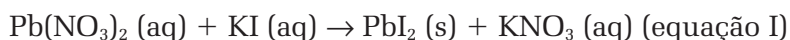
> [...] um composto é um produto privilegiado ao qual a natureza confere proporções fixas [...].
>
> Devemos reconhecer, portanto, [...] que as características de um composto verdadeiro são invariáveis como a proporção entre seus elementos [...].
>
> PROUST, Joseph Louis. J. de Phys., LXIII, 1806, 364 f. apud PARTINGTON, James Riddick. *A History of Chemistry*. London: MacMillan, 1964. v. 3. p. 650.

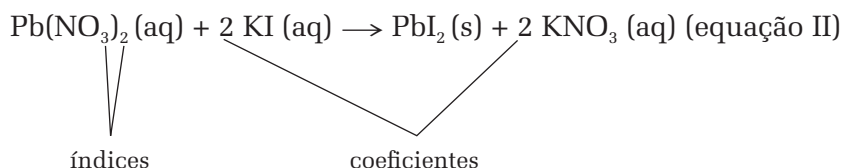
Sabe-se, hoje, que nem todas as substâncias compostas seguem a Lei de Proust, pois existem algumas para as quais as proporções entre os átomos podem variar. Para a maioria das substâncias com as quais lidamos em nosso cotidiano e para todas aquelas com as quais trabalharemos ao longo do nosso curso, no entanto, a Lei de Proust continua essencialmente válida e aplicável.

texto 1

Contando átomos, moléculas e íons

Na Atividade 1, você trabalhou com dados de um experimento para verificar qual é a relação ideal entre os volumes das soluções de nitrato de chumbo (II) [$Pb(NO_3)_2$] e iodeto de potássio (KI) que reagem para formar um sólido amarelo, iodeto de chumbo (II) (PbI_2) e outro sal solúvel, nitrato de potássio (KNO_3). Poderíamos representar essa reação por meio de uma equação química:

$$Pb(NO_3)_2\ (aq) + KI\ (aq) \rightarrow PbI_2\ (s) + KNO_3\ (aq)\ \text{(equação I)}$$

Como se observou na Atividade 1, a proporção ótima na reação entre KI e $Pb(NO_3)_2$ foi de 2/1. Como as soluções tinham a mesma con-

centração, isso nos obriga a reescrever a equação I colocando um coeficiente 2 na frente do KI, para indicar essa relação. A equação ficaria da seguinte forma:

Se contarmos quantos átomos de cada tipo existem nos reagentes e nos produtos da equação II, encontraremos o mesmo número, o que não ocorre na equação I. Para efetuar essa contagem, você deve multiplicar cada átomo por seu índice, pelos índices que vêm depois do parêntese (quando for o caso) e pelo coeficiente, que é o número que vem antes da fórmula. Observe que o coeficiente ou índice é omitido quando seu valor é igual a 1. Vejamos o exemplo dessa contagem no quadro 8.3.

Tipo de átomo	Pb	N	O	K	I
reagentes	1	$1 \cdot 2 = 2$	$3 \cdot 2 = 6$	$2 \cdot 1 = 2$	$2 \cdot 1 = 2$
produtos	1	$2 \cdot 1 = 2$	$2 \cdot 3 = 6$	$2 \cdot 1 = 2$	$1 \cdot 2 = 2$

Quadro 8.3
Conte os átomos nos reagentes e produtos nas duas equações e verifique você mesmo essa igualdade.

A partir dessa observação, podemos concluir que haveria outro método, bem mais rápido, para determinar a relação ideal para a reação entre soluções de $Pb(NO_3)_2$ e KI de mesma concentração. Bastaria escrever a equação química e adicionar os coeficientes necessários para que o número de átomos nos reagentes ficasse igual ao número de átomos nos produtos. Os químicos chamam esse processo de **balanceamento de equações químicas**, o que significa dizer que, após igualar o número de átomos nos reagentes e produtos, a equação está de acordo com a Lei da Conservação da Massa, ou seja, encontramos a mesma massa tanto nos reagentes quanto nos produtos.

Observe que, para podermos comparar os volumes de cada solução na Atividade 1 e concluirmos que o dobro do volume de solução de KI, em relação à de $Pb(NO_3)_2$, significava o dobro da quantidade de KI em relação ao $Pb(NO_3)_2$, tivemos que usar soluções de mesma concentração em mol/L.

Se usássemos soluções com a mesma concentração em g/L, poderíamos concluir a mesma coisa?

A resposta é **não**. Como os átomos que formam as moléculas e íons têm massas diferentes, a mesma massa de duas substâncias diferentes quase nunca corresponde ao mesmo número de átomos, moléculas ou íons. Com isso, surgem alguns problemas para os químicos: Como trabalhar com equações que representam átomos, moléculas e íons se parece ser muito difícil e pouco prático "contar" essas partículas?

Sabendo que é fácil pesar as substâncias, que relação poderia ser estabelecida entre massa e número de átomos e moléculas?

A quantidade de matéria – mol

A resposta a essas questões passa pelo estabelecimento de uma unidade que expressa a grandeza **quantidade de matéria**, conhecida como **mol**. Ao longo da História o homem percebeu a conveniência de estabelecer unidades que facilitassem a medida das coisas. Essas unidades foram estabelecidas de forma mais ou menos arbitrária. Por exemplo, o sistema inglês de medida, ainda em uso na Inglaterra e nos Estados Unidos, baseou-se em partes do corpo para estabelecer medidas de comprimento: fala-se em polegadas, pés, jardas, braças, etc.

Para medir a quantidade de coisas também foram inventadas medidas como a dúzia, o cento, etc. Essas medidas são usadas em feiras, mercados e supermercados para vender ovos, laranjas, telhas, etc.

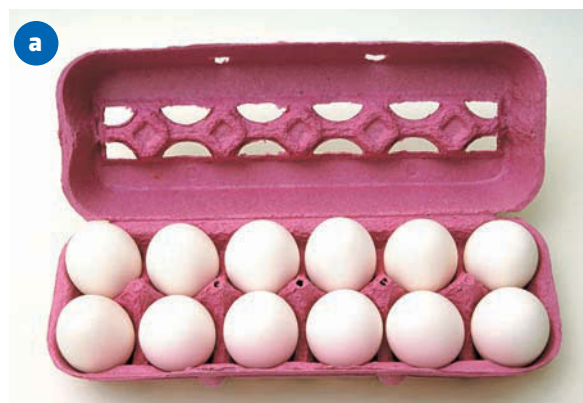
Ivania Sant'Anna/kino.com.br

Sérgio Dotta Jr./Arquivo da editora

Figura 8.7
A dúzia é uma medida utilizada para medir, por exemplo, a quantidade de ovos (a); já o cento, serve para medir a quantidade de telhas (b). Para o químico, a medida mais utilizada é o mol.

A unidade de medida dos químicos, o mol, também mede a quantidade de coisas, só que de coisas infinitamente pequenas, como átomos, moléculas, íons, elétrons, etc. A definição de mol, estabelecida na 14ª Conferência Geral de Pesos e Medidas, realizada em 1971, é a seguinte:

> Mol é a quantidade de substância de um sistema que contém tantas partículas elementares quantos são os átomos em 0,012 kg de carbono-12. Quando o mol é usado, as entidades elementares têm de ser especificadas e podem ser átomos, moléculas, íons, elétrons, outras partículas, ou grupos especificados dessas partículas.
>
> LIDE, David. R. (Ed.). *Handbook of Chemistry and Physics*. 75. ed. Boca Raton: CRC Press, 1994.

Para entendermos um pouco mais o que significa essa unidade de medida e sua relação com a massa das substâncias, vamos fazer uma analogia. Imagine que você tenha que medir a quantidade de bolinhas de poliestireno que cabe em uma garrafa de refrigerante de 2 L. Se você colocar bolinhas pequenas vai encontrar um número maior de bolinhas do que se optar por bolinhas com um diâmetro maior.

Fotos: Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 8.8
Na garrafa da esquerda, que contém bolinhas de diâmetro menor, temos um maior número de bolinhas.

Podemos pensar o mesmo em relação aos átomos, moléculas e íons. Em uma amostra de 1 g de moléculas de hidrogênio certamente há mais moléculas do que em uma mesma massa de moléculas de água, pois esta última pesa mais que a molécula de hidrogênio.

Se quisermos comparar quantidades iguais de átomos, moléculas ou íons, devemos estabelecer uma unidade que tenha a mesma quantidade dessas partículas, mas em um número suficientemente grande para que possamos pesar essa quantidade. Essa unidade é chamada de mol, e equivale a $6{,}02 \cdot 10^{23}$ partículas, sejam átomos, moléculas, íons, elétrons, etc.

Figura 8.9
Quantidades de diferentes substâncias que correspondem a 1 mol.

A relação entre esse número e a respectiva quantidade é conhecida como constante de Avogadro ($6{,}02 \cdot 10^{23}$/mol) em homenagem ao químico italiano Amedeo Avogadro (1776-1856), que, no início do século XIX, deu contribuições importantes para o avanço da hipótese atômica formulada por Dalton. Avogadro propôs uma hipótese que sugeria a possibilidade de "contar" átomos e moléculas.

Um mol é uma quantidade suficientemente grande para que, por exemplo, essa quantidade de átomos de hidrogênio, o mais leve de todos os átomos, pese aproximadamente 1,0 g. Analogamente, a massa de $6{,}02 \cdot 10^{23}$ moléculas de água é, aproximadamente, 18,0 g.

SPL/Latinstock

Figura 8.10
Amedeo Avogadro, no início do século XVIII, propôs a Hipótese de Avogadro.

A relação entre essas massas e a respectiva quantidade é conhecida como massa molar; assim, a **massa molar** do hidrogênio atômico é igual a aproximadamente 1,0 g/mol e a massa molar da água, a aproximadamente 18,0 g/mol.

Numa publicação de 1811, Avogadro assim se referia àquilo que mais tarde se tornaria conhecido como **Hipótese de Avogadro** ou, ainda, **Lei de Avogadro**:

> Tem de ser admitido que uma relação muito simples também existe entre os volumes de substâncias gasosas e o número de moléculas simples ou compostas que as constituem. A primeira hipótese a se apresentar em relação a isso, e aparentemente a única admissível, é a suposição de que o número de moléculas integrantes em qualquer gás é sempre o mesmo para volumes iguais ou é sempre proporcional ao volume.
>
> AVOGADRO, Amedeo, apud PARTINGTON, James Riddick. *A History of Chemistry*. London: MacMillan, 1964. v. 4. p. 214.

A possibilidade de contar átomos e moléculas foi concretizada quase cem anos depois. Em 1913, Jean Perrin publicava um livro intitulado *Les Atomes*, em que se referia a trinta maneiras diferentes de determinar a constante de Avogadro.

Não é fácil ter uma ideia de quão grande é o número de partículas contidas em um mol e quão pequenas são, portanto, as partículas que ele enumera. Escrevê-lo na forma de potências de 10 é conveniente, pois, se escrevêssemos na forma convencional, esse número seria assim representado:

Librairie Félix Alcan/Arquivo da editora

Figura 8.11
Capa do livro *Les Atomes*, 1913, de Jean Perrin.

$$602\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000 = 6{,}02 \cdot 10^{23}$$

São tantos zeros que é muito mais fácil escrevê-los na forma de potência de 10. Na Atividade 2, a seguir, vamos realizar alguns cálculos para ter uma ideia da dimensão desse número.

atividade 2

Contando moléculas

Para ter uma ideia do tamanho do número representado pela constante de Avogadro, vamos calcular quanto tempo demoraria para "contar" as moléculas de água em um mol de água (18,0 g), o que equivale, aproximadamente, ao volume de duas colheres das de sopa.

A4 Supondo que vocês contem 1 molécula por segundo, calculem:

a) Quantas moléculas vocês contariam em uma hora?

b) Quantas moléculas vocês contariam em um dia?

c) Quantas moléculas vocês contariam em um ano?

d) Quantos anos vocês demorariam para contar as $6{,}02 \cdot 10^{23}$ moléculas existentes em 1 mol (18,0 g) de água?

Se vocês calcularam corretamente, terão encontrado um número que ainda não faz sentido, algo como 19 quatrilhões de anos. Ou seja, se vocês "tivessem começado a contar" quando o planeta Terra se formou, há cerca de 4,6 bilhões de anos, estariam longe, mas muito longe mesmo, de terminar essa contagem.

A5 Suponham que vocês fossem capazes de dispor essas moléculas lado a lado ao longo de uma linha. Considerem que cada molécula de água seja uma esfera de aproximadamente 10^{-10} m de diâmetro (isso é uma aproximação para facilitar os cálculos. Uma molécula de água não é esférica e é ligeiramente maior, já que cada ligação O—H mede, aproximadamente, $0{,}96 \cdot 10^{-10}$ m, para uma molécula de água no estado gasoso). A partir desse dado, calculem e respondam:

a) Quantas moléculas vocês seriam capazes de dispor em 1 m?

b) Quantas moléculas vocês seriam capazes de dispor em 1 km?

c) Considerando que a circunferência em torno da Terra, na linha do Equador, mede aproximadamente 40 000 km, quantas voltas seria necessário dar em torno da Terra, no Equador, para dispor todas as moléculas de água ao longo dessa linha?

Se vocês calcularam corretamente, terão encontrado um número ainda muito grande de voltas (algo próximo de 1,5 milhão) em torno da Terra.

Apesar de representar um número de dimensões difícil de imaginar, a unidade de quantidade de matéria – o mol – é uma unidade extremamente útil nos cálculos químicos. Como veremos nas atividades seguintes, o uso de quantidades expressas em mol e de concentrações expressas em mol/L permitirá a simplificação dos cálculos envolvendo quantidades de produtos e reagentes nas reações químicas.

atividade 3

Relacionando quantidade de matéria e massa dos materiais

Nesta atividade vamos usar a grandeza quantidade de matéria, expressa por meio de sua unidade, o mol, para estudar as relações entre quantidade de matéria e massa. Como não podemos contar átomos, moléculas e íons, não precisamos nos preocupar com o número $6{,}02 \cdot 10^{23}$, o número de partículas (átomos, moléculas, íons, etc.) em 1 mol. Vocês tiveram a oportunidade de conhecer e imaginar o que significa um número dessa dimensão na Atividade 2 e no Texto 1. O fundamental, porém, é que nos lembremos unicamente de que um mol de qualquer substância tem sempre a mesma quantidade de átomos, moléculas ou íons dessa substância, seja ela água, cloreto de sódio, ácido clorídrico, etc.

É muito fácil saber qual é a massa, em g, de um mol de qualquer átomo, pois basta consultar a tabela periódica moderna. Como nestas as massas atômicas relativas (números puros) são expressas em relação ao isótopo de carbono-12, a massa de um mol de átomos (massa molar) equivale ao mesmo número, em g/mol.

Como calcular a massa molar das substâncias

As massas atômicas relativas do hidrogênio e do oxigênio são aproximadamente 1,0 e 16,0, respectivamente; portanto, as massas molares do hidrogênio atômico e do oxigênio atômico são aproximadamente 1,0 g/mol e 16,0 g/mol, respectivamente.

A partir dos valores de massas atômicas encontrados na tabela periódica, podemos calcular as massas molares de diferentes substâncias, ou seja, a massa de um mol de substâncias simples ou compostas, expressa em g/mol. Basta multiplicar os índices que aparecem na fórmula da substância pelas massas molares dos átomos e somar todas essas massas obtidas.

Tomemos um exemplo muito simples, a água, cuja fórmula molecular é H_2O. Se vocês consultarem a tabela periódica, encontrarão as massas atômicas relativas do hidrogênio igual a 1,0 e do oxigênio igual a 16,0.

Como o índice do hidrogênio é 2 na fórmula da água, para calcular a massa molar da água multiplicamos 1,0 g/mol por 2 e somamos a massa molar do oxigênio, 16,0 g/mol, que é multiplicada por 1, índice (omitido) do oxigênio na fórmula da água. Assim, a massa molar da água é:

$$\text{massa molar da água} = (2 \cdot 1{,}0 \text{ g/mol}) + 16{,}0 \text{ g/mol} = 18{,}0 \text{ g/mol}$$

Ou seja, 1 mol de moléculas de água tem a massa de 18,0 g.

Volume molar dos gases

Para definir o volume molar, vamos retomar as palavras de Avogadro para se referir à Hipótese de Avogadro, ou Lei de Avogadro:

> Tem de ser admitido que uma relação muito simples também existe entre os volumes de substâncias gasosas e o número de moléculas simples ou compostas que as constituem. A primeira hipótese a se apresentar em relação a isso, e aparentemente a única admissível, é a suposição de que o número de moléculas integrantes em qualquer gás é sempre o mesmo para volumes iguais ou é sempre proporcional ao volume.
>
> AVOGADRO, Amedeo, apud PARTINGTON, James Riddick. *A History of Chemistry*. London: MacMillan, 1964. v. 4. p. 214.

Essa hipótese viria a ser comprovada mais tarde e permitiu a definição da grandeza **volume molar**, válida para gases:

Um mol de qualquer gás sempre ocupa, nas mesmas condições de temperatura e pressão, o mesmo volume.

As **Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP)** são definidas como a temperatura de 273,15 K (0 ºC) e a pressão de 101 325 pascals (Pa) ou 1 atm. A partir de 1982, a União Internacional de Química Pura e Aplicada (Iupac) definiu também as **Condições-Padrão de Temperatura e Pressão (CPTP)** que são definidas como a temperatura de 273,15 K (0 ºC) e a pressão de 100 000 Pa (1 bar).

Um dos aspectos que levou a Iupac a rever esses valores é a dificuldade de definir o que é a pressão ao nível do mar (1 atm), pois esse nível pode variar. Além disso, o novo valor definido como pressão-padrão possibilita a compatibilidade com o Sistema Internacional (SI) e altera muito pouco as tabelas de dados que levam em consideração esse valor de pressão.

Como o valor da pressão-padrão foi reduzido de 101 325 Pa para 100 000 Pa, houve um aumento no volume molar dos gases. Assim, o valor recomendado atualmente pela Iupac para o volume dos gases é igual a 22,7 dm^3/mol e não mais 22,4 dm^3/mol. Como 1 dm^3 = 1 L, podemos dizer que, nas CPTP, um mol de gás ocupa um volume de 22,7 L. Essa quantidade corresponde, aproximadamente, ao volume de 11 garrafas PET (de refrigerante) de 2 L ou a um cubo de 28,3 cm de aresta.

A grandeza volume molar permite que sejam realizados cálculos estequiométricos relacionando quantidade de matéria (em mol) e volume; e massa/volume. Nunca é demais lembrar que esse volume se aplica somente aos gases. Isso porque as moléculas num gás ideal permanecem isoladas, como moléculas individuais. É por isso também que muitos gases reais vão exibir uma pequena diferença em relação a esse comportamento ideal, apresentando valores ligeiramente diferentes para, entre outros, o volume molar.

8

EXERCÍCIOS

E1. Usando os valores de massa atômica dos elementos que estão na tabela periódica, determinem as massas molares das seguintes substâncias:

a) nitrato de prata ($AgNO_3$);
b) cloreto de bário ($BaCl_2$);
c) cloreto de sódio (NaCl);
d) carbonato de sódio (Na_2CO_3);
e) nitrato de chumbo (II) [$Pb(NO_3)_2$].

E2. O que significa dizer que a massa molar do iodo atômico é aproximadamente 127 g/mol?

E3. Qual é a massa de meio mol de nitrato de potássio (KNO3)?

E4. Critiquem a afirmação: "Se a massa molar de um elemento *X* é duas vezes maior que a massa molar do elemento *Y*, um mol de átomos de *Y* contém duas vezes a quantidade de matéria presente em um mol de átomos de *X*".

E5. Qual é a quantidade de matéria, em mol, contida em 25,5 g de amônia (NH3)?

E6. Qual é a quantidade de matéria, em mol, de íons (cátions e ânions) que está contida em 2 mols de brometo de cálcio (CaBr2)?

E7. A massa de 40,0 mols de uma substância é 1 200,0 g.

a) Calculem sua massa molar.
b) Sabendo que 1 mol dessa substância contém 6,0 g de átomos de hidrogênio e que o outro elemento presente é o carbono, qual é sua fórmula molecular?

E8. O óxido nitroso (N2O), um dos primeiros compostos gasosos a ser isolado e identificado, foi o primeiro anestésico sintético a ser descoberto, sendo conhecido como gás hilariante em razão da euforia leve que causa quando inalado em baixas concentrações. Em relação ao óxido nitroso, respondam:

a) Qual é sua massa molar?
b) Se fosse possível realizar um experimento envolvendo a decomposição dessa substância, poderíamos obter dois gases: o nitrogênio (N2) e o oxigênio (O2). O que vocês poderiam dizer em relação ao volume desses dois gases que seriam formados? Justifiquem a resposta.

E9. Usando volumes de recipientes conhecidos (por exemplo, as garrafas de refrigerante PET têm volume de 2 L), estime o que significa, em termos reais, o volume molar de um gás nas CNTP.

E10. Considerando que vocês fossem construir um cubo de 22,7 L, calculem quanto mede uma aresta desse cubo.

atividade 4

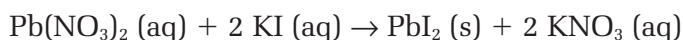
Relacionando quantidades em uma reação química

Nestes dois capítulos sobre as reações químicas estudamos uma série de relações que permitem fazer cálculos a partir das informações obtidas por meio de uma equação química. Vimos que a massa se conserva nas reações químicas (a Lei de Lavoisier), o que na prática significa que podemos balancear as equações químicas para obter o mesmo número de átomos nos reagentes e produtos. Vimos também que a

maioria das substâncias tem proporções fixas e definidas entre seus constituintes (a Lei de Proust), o que na prática permite atribuir fórmulas relativamente simples às substâncias.

No Texto 1 deste capítulo vocês tiveram oportunidade de conhecer a grandeza quantidade de matéria, que permite relacionar a massa das substâncias com uma quantidade fixa de partículas ($6{,}02 \cdot 10^{23}$), que corresponde a um mol. Na Atividade 3 vocês aprenderam a relacionar esse mesmo número fixo de partículas a um volume molar, no caso das substâncias gasosas. De posse dessas relações, estamos em condição de estabelecer uma série de cálculos envolvendo equações químicas e as quantidades de substância, em massa ou, quando for o caso, em volume. O estudo dessas relações quantitativas é conhecido como **estequiometria**.

Na Atividade 1 estudamos a reação entre nitrato de chumbo (II) [$Pb(NO_3)_2$] e iodeto de potássio (KI), que produzia iodeto de chumbo (II) (PbI_2) e nitrato de potássio (KNO_3). A equação balanceada para essa reação é:

$$Pb(NO_3)_2\ (aq) + 2\ KI\ (aq) \rightarrow PbI_2\ (s) + 2\ KNO_3\ (aq)$$

Considerando essa equação química, realizem a seguinte atividade.

A6 Copiem o quadro a seguir no caderno e completem-no, considerando a quantidade de matéria, em mol, e as massas molares, em g/mol, de cada substância envolvida na equação balanceada.

Substância	$Pb(NO_3)_2$	KI	PbI_2	KNO_3
Quantidade de matéria (em mol)	//////////////////	//////////////////	//////////////////	//////////////////
Massas molares (em g/mol)	//////////////////	//////////////////	//////////////////	//////////////////

Quadro 8.4
Dados para a quantidade de matéria (em mol) e as massas molares (em g/mol) de cada substância envolvida na equação que representa a reação entre o $Pb(NO_3)_2$ e o KI.

A7 Copiem o quadro a seguir no caderno e completem-no, considerando a equação da reação entre $Pb(NO_3)_2$ e KI.

Substância	$Pb(NO_3)_2$	KI	PbI_2	KNO_3
Massas das substâncias envolvidas (em g)	33,12	33,2	//////////////////	//////////////////
Quantidade de matéria (em mol)	//////////////////	//////////////////	//////////////////	//////////////////

Quadro 8.5
Dados para a massa (em g) e a quantidade de matéria (em mol) de cada substância envolvida na equação que representa a reação entre o $Pb(NO_3)_2$ e o KI.

Se vocês realizaram corretamente os cálculos em A6 e A7, terão encontrado valores para as quantidades correspondentes às proporções ideais entre reagentes e produtos. Assim, em A7 vocês deverão ter encontrado exatamente 0,1 mol de $Pb(NO_3)_2$ reagindo com 0,2 mol de KI, já que essa reação se efetua numa relação ideal de 2 : 1.

No entanto, a maioria das informações que vocês vão receber em problemas estequiométricos não guardam a proporção exata, mas quase sempre envolvem um ou outro reagente em excesso. O reagente que não está em excesso é conhecido como **reagente limitante**. Para lidarmos com esse tipo de problema, vamos realizar agora as Atividades A8 e A9.

A8 Foram realizados dois experimentos com quantidades diferentes de $Pb(NO_3)_2$ e KI. Encontrem os valores para as incógnitas *X*, *Y*, *Z*, *W* e *V* apresentadas no quadro a seguir, considerando a equação da reação entre $Pb(NO_3)_2$ e KI.

Experimento	Massas das substâncias		Massas das substâncias após a reação (g)			
	$Pb(NO_3)_2$	KI	PbI_2	KNO_3	$Pb(NO_3)_2$	KI
1	*X*	176	230,5	*Y*	0	10
2	92,8	*Z*	*W*	*V*	10	0

Quadro 8.6
Dados para as massas das substâncias antes e depois da reação que ocorre entre o $Pb(NO_3)_2$ e o KI.

A9 Calculem a quantidade de matéria (em mol) de $Pb(NO_3)_2$ nos experimentos 1 e 2.

A10 O quadro a seguir indica as massas (em g) das espécies envolvidas na reação (*A*, *B*, *C* e *D*) representada pela equação genérica $A + B \rightarrow C + 2D$ em dois testes diferentes. Outras massas estão indicadas pelas letras *W*, *X*, *Y* e *Z*.

Teste	Massas das substâncias antes da reação (g)		Massas das substâncias após a reação (g)			
	A	B	C	D	A	B
1	*X*	59	68	18	0	10
2	*Y*	*W*	*Z*	54	10	0

Quadro 8.7
Dados para as massas das substâncias antes e depois da reação genérica representada no enunciado.

a) Calculem as massas de *W*, *X*, *Y* e *Z*. Deixem seus cálculos indicados, explicitando assim o raciocínio utilizado.

b) Demonstrem que a Lei de Lavoisier foi obedecida para o teste 2.

na internet

<www.labvirtq.fe.usp.br/applet.asp?lom=10861>

Nesta página do Laboratório Didático Virtual da Universidade de São Paulo (USP) você vai encontrar um simulador para o balanceamento de equações químicas. Acesso em: 9 ago. 2012.

<www.pontociencia.org.br>

Na página do Projeto Ponto Ciência você vai encontrar várias sugestões de experimentos envolvendo quantidades nas reações químicas. Acesso em: 9 ago. 2012.

<http://qnesc.sbq.org.br>

Página da revista *Química Nova na Escola* (QNEsc), publicada pela Sociedade Brasileira de Química (SBQ). Os artigos estão disponíveis na íntegra e de forma totalmente gratuita. Estão disponíveis também os Cadernos Temáticos publicados desde 2001. Acesso em: 9 ago. 2012.

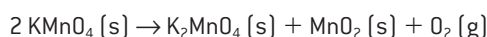
Questões de exames

Todas as questões devem ser respondidas em seu caderno. Não escreva no livro.

Q14. (UFMG) Em um creme dental, encontra-se um teor de flúor de 1,9 mg desse elemento por grama de dentifrício. O flúor adicionado está contido no composto monofluorfosfato de sódio Na_2PO_3F (massa molar: 144 g/mol). A quantidade de Na_2PO_3F utilizada na preparação de 100 g de creme dental é:

a) 0,144 g.
b) 0,190 g.
c) 1,44 g.
d) 1,90 g.

Q15. (UFMG) Um bom método para a preparação controlada de oxigênio muito puro é a decomposição térmica de permanganato de potássio sob vácuo. Essa reação pode ser representada pela equação:

$$2\ KMnO_4\ (s) \rightarrow K_2MnO_4\ (s) + MnO_2\ (s) + O_2\ (g)$$

Com relação à decomposição completa de 2 mols de permanganato de potássio, é **incorreto** afirmar que:

a) a massa de $KMnO_4$ (s) decomposta é 316,0 g.
b) a massa total dos produtos sólidos é 300,0 g.
c) a quantidade de O_2 (g) produzida é 1 mol.
d) as quantidades, em mol, de cada um dos produtos são iguais.

Q16. (UFMG) O gráfico a seguir descreve a variação de massa observada quando 84 mg de bicarbonato de sódio, $NaHCO_3$ (s), são submetidos a aquecimento. A diminuição de massa deve-se à perda dos produtos gasosos.

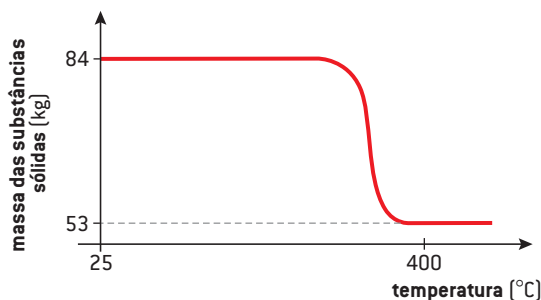
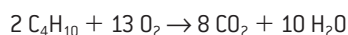



Figura 8.12 Questão Q16.

Considerando o gráfico, indique a alternativa que apresenta uma reação compatível com a variação de massa observada.

a) $NaHCO_3\ (s) \rightarrow NaH\ (s) + CO_2\ (g) + 1/2\ O_2\ (g)$
b) $NaHCO_3\ (s) \rightarrow 1/2\ Na_2CO_3\ (s) + 1/2\ CO_2\ (g) + 1/2\ H_2O\ (g)$
c) $NaHCO_3\ (s) \rightarrow NaOH\ (s) + CO_2\ (g)$
d) $NaHCO_3\ (s) \rightarrow 1/2\ Na_2O\ (s) + 1/2\ H_2O\ (g) + CO_2\ (g)$

Q17. (UFV-MG) O gás de cozinha é formado principalmente pelos gases butano e propano. A reação que ocorre no queimador do fogão é a combustão desses gases. A equação a seguir representa a combustão do butano.

$$2\ C_4H_{10} + 13\ O_2 \rightarrow 8\ CO_2 + 10\ H_2O$$

A massa de água que pode ser obtida a partir da mistura de 10 g de butano com 10 g de oxigênio é:

a) 20 g.
b) 3,1 g.
c) 4,3 g.
d) 15,5 g.
e) 10 g.

Q18. (UFPB) A cafeína, um estimulante bastante comum encontrado no café, chá, guaraná, etc., tem fórmula molecular $C_8H_{10}N_4O_2$. Portanto, é **correto** afirmar que 582 g de cafeína contêm:

a) $10 \times 6,0 \times 10^{23}$ átomos de hidrogênio.
b) 32 g de oxigênio.
c) $1,44 \times 10^{25}$ átomos de carbono.
d) 12 átomos de nitrogênio.
e) 3 moléculas de cafeína.

Q19. (UFPB) Um comprimido de aspirina contém 120 mg de ácido acetilsalicílico $C_9H_8O_4$. O número de moléculas do ácido contidas em um comprimido de aspirina é:

a) $4,0 \times 10^{23}$.
b) $4,0 \times 10^{18}$.
c) $6,0 \times 10^{23}$.
d) $7,2 \times 10^{23}$.
e) $4,0 \times 10^{20}$.

Q20. (UPM-SP) O quadro a seguir, com dados relativos à equação citada, refere-se a duas experiências realizadas. Então podemos afirmar que:

	C	+	O_2	→	CO_2
1ª experiência	12 g	//////////	32 g	//////////	X g
2ª experiência	36 g	//////////	Y g	//////////	132 g

Quadro 8.8 Questão Q20.

a) *X* é menor que a soma dos valores das massas dos reagentes da 1ª experiência.
b) $X = Y$.
c) *Y* é igual ao dobro do valor da massa de carbono que reage na 2ª experiência.
d) $32/Y = X/132$.
e) $Y = 168$.

Q21. (Unicamp-SP) Indicadores são substâncias que apresentam a propriedade de mudar de cor em função da acidez ou basicidade do meio em que se encontram. Em três experimentos diferentes, misturou-se uma solução aquosa de HCl com uma solução aquosa de NaOH. As soluções de ambos os reagentes apresentavam a mesma concentração em mol/L. Após a mistura acrescentou-se um determinado indicador, obtendo-se os seguintes resultados:

	Reagentes	Cor do indicador
Experimento 1	2 mL de HCl + 1 mL de NaOH	amarelo
Experimento 2	2 mL de HCl + 2 mL de NaOH	verde
Experimento 3	2 mL de HCl + 3 mL de NaOH	azul

Quadro 8.9 Questão Q21.

a) Considerando esses três experimentos, que cor esse indicador apresentará em contato com o suco de limão, que possui uma apreciável concentração de substâncias ácidas? Justifique.

b) Que cor apresentará o indicador se misturarmos os reagentes do experimento 1 com os reagentes do experimento 3? Justifique.

Q22. (Unicamp-SP) Nas salinas, o cloreto de sódio é obtido pela evaporação da água do mar a 30 ºC, aproximadamente.

a) Um volume de água do mar é evaporado até o aparecimento de NaCl sólido. Qual é a concentração de NaCl na solução resultante? Justifique a resposta.

b) Que volume de água do mar deve ser evaporado completamente para a produção de 1,00 kg de NaCl sólido?

Atenção: nem todos os dados fornecidos a seguir serão utilizados para resolver os itens *a* e *b*.

Dados: A massa molar da água é igual a 18,0 g/mol; a massa molar do NaCl é igual a 58,4 g/mol; a solubilidade do NaCl em água, a 30 ºC, é igual a 6,16 mol/L, o que corresponde a 360 g/L; a concentração do NaCl na água do mar é igual a 0,43 mol/L, o que corresponde a 25 g/L; a densidade da água do mar a 30 ºC é igual a 1,03 g/cm^3; a densidade da água pura a 30 ºC é igual a 0,9956 g/cm^3.

Q23. (UFMG) A queima do enxofre produz um dos seus óxidos, SO_2 (g) ou SO_3 (g). A identificação de qual dos dois é, realmente, produzido pode ser realizada reagindo esse gás com $Ba(OH)_2$ (aq). As reações de cada um dos gases, SO_2 (g) ou SO_3 (g), com essa base levam à formação de um sal, diferente em cada caso, que se precipita.

a) Escreva a equação balanceada da reação entre SO_2 e $Ba(OH)_2$.

b) Escreva a equação balanceada da reação entre SO_3 e $Ba(OH)_2$.

c) O gás formado na queima de 3,2 g de enxofre, ao reagir com excesso de $Ba(OH)_2$ (aq), produziu 21,7 g de um sal, que se precipitou. Calcule as massas dos dois sais que seriam produzidos a partir dessa massa de enxofre, caso fosse formado SO_2 (g) ou SO_3 (g).

d) Indique qual é o gás produzido. (Deixe seus cálculos registrados, de modo a explicitar seu raciocínio.)

Q24. (UFMG) Um dos causadores da chuva ácida é o dióxido de enxofre, SO_2 (g). Na atmosfera, o dióxido de enxofre é convertido em trióxido de enxofre, SO_3 (g), numa reação lenta, mas catalisada por partículas sólidas em suspensão no ar. O trióxido de enxofre reage rapidamente com a água presente na atmosfera, transformando-se em ácido sulfúrico, H_2SO_4 (aq). Uma alternativa econômica para a diminuição do dióxido de enxofre lançado à atmosfera é o tratamento das emissões das chaminés com uma pasta úmida de calcário, $CaCO_3$ (s), em presença de um oxidante.

a) Escreva a equação balanceada para a reação entre dióxido de enxofre, gás oxigênio e calcário, a qual produz sulfato de cálcio e dióxido de carbono.

b) Considerando a equação obtida em (a), calcule quantas toneladas de $CaCO_3$ (s) seriam necessárias para reagir com 640 toneladas de SO_2 (g). (Deixe seus cálculos registrados, de modo a explicitar o seu raciocínio.)

Q25. (UFRJ) Os motores a *diesel* lançam na atmosfera diversos gases, entre eles o anidrido sulfuroso e o monóxido de carbono. Uma amostra dos gases emitidos por um motor a *diesel* foi recolhida; observou-se que ela continha 0,1 mol de anidrido sulfuroso e 0,5 mol de monóxido de carbono.

a) Determine a massa, em g, de monóxido de carbono contido nessa amostra.

b) Quantos átomos de oxigênio estão presentes na amostra recolhida?

Q26. (UFRJ) O cálcio é um elemento que está presente em organismos vivos sob a forma de diversos compostos. Os ossos e os dentes, por exemplo, contêm sais de cálcio, tais como fosfato de cálcio e a hidroxiapatita; as conchas de animais marinhos contêm carbonato de cálcio.

a) O carbonato de cálcio pode ser obtido através de uma reação de neutralização como a esquematizada a seguir:

$$\text{ácido} + \text{base} \longrightarrow CaCO_3 + 2\,H_2O$$

Calcule a massa de carbonato de cálcio formada quando 12,4 g do ácido são consumidos.

b) A hidroxiapatita (hidroxifosfato de cálcio) tem a seguinte fórmula química:

$$Ca_x(PO_4)_3OH$$

Determine *x*.

Q27. (UFRJ) O gráfico a seguir apresenta a variação do número de mols de átomos (átomos-grama) dos três elementos químicos que compõem um certo sal, com o número de mols desse sal. Cada reta se refere a um elemento químico: alumínio, ametal desconhecido e oxigênio.

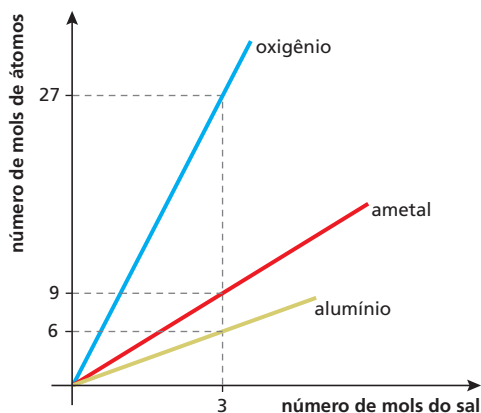



Figura 8.13
Questão Q27.

a) Escreva o nome do sal que está representado por esse gráfico, sabendo que sua massa molar é de 294 g/mol.

b) Calcule a massa de alumínio, em g, presente em 5 mols desse sal.

Q28. (Ufop-MG) O esmalte dos dentes contém o mineral hidroxiapatita, um hidroxifosfato de cálcio. As bactérias ali residentes metabolizam o açúcar que, ao ser transformado em ácido lático, cria um pH abaixo de 5 na superfície dos dentes. Isso facilita o ataque pelo ácido resultando na cárie dentária. A reação de dissolução desse mineral é:

$$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2 + H^+ \rightarrow Ca^{2+} + H_2PO_4^- + H_2O$$

a) Determine a soma dos coeficientes estequiométricos da reação balanceada.

b) Admitindo-se que são produzidos 10 mg de íons cálcio, determine a massa de hidroxiapatita perdida pelo dente.

Q29. (Ufop-MG) Quando uma cebola é cortada, ocorre desprendimento de SO_2 que, exposto ao ar, se oxida a SO_3. Esse gás reage com a umidade dos olhos formando ácido sulfúrico, causando-lhes ardor e lacrimejamento.

a) Escreva as reações químicas envolvidas nesse processo.

b) Admitindo-se que 100 g de cebola produzam 9,8 mg de ácido sulfúrico, determine a porcentagem de enxofre na cebola.

Q30. (UEL-PR) 46 g de sódio reagem com 32 g de oxigênio formando peróxido de sódio. Quantos g de sódio são necessários para se obter 156 g de peróxido de sódio?

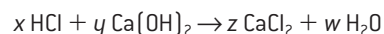
a) 23.
b) 32.
c) 69.
d) 78.
e) 92.

Q31. (UFSCar-SP) Um homem exala cerca de 25 mols de dióxido de carbono por dia em sua respiração. O acúmulo de dióxido de carbono em recintos fechados pode tornar impossível a sobrevivência de seres vivos, tornando-se necessário controlar seu nível no ambiente. Durante a primeira viagem de balão sem escala ao redor da Terra, realizada em 1999, o nível de dióxido de carbono na cabina do balão foi controlado pelo uso de hidróxido de lítio sólido. No processo, ocorre reação entre o hidróxido de lítio e o dióxido de carbono, formando carbonato de lítio sólido e água como produtos.

a) Escreva a equação balanceada da reação entre hidróxido de lítio e dióxido de carbono.

b) Calcule a massa de hidróxido de lítio (massa molar = = 24 g/mol), necessária para reagir com todo o dióxido de carbono exalado na respiração de um homem durante um dia. Suponha que a reação de absorção do dióxido de carbono ocorra com 100% de rendimento.

Q32. (Cefet-AL) Dada a reação de neutralização:

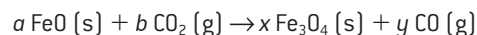
$$x\,HCl + y\,Ca(OH)_2 \rightarrow z\,CaCl_2 + w\,H_2O$$

A soma dos menores coeficientes inteiros (x, y, z e w) que deixam a equação **corretamente** balanceada é:

a) 15.
b) 6.
c) 9.
d) 8.
e) 12.

Q33. (Uems) Em sistemas fechados, o dióxido de carbono produzido pela respiração e processos de combustão pode ser removido pela reação com óxido de cálcio, produzindo carbonato de cálcio ($CaCO_3$). Em um experimento realizado para verificar a eficiência na redução de dióxido de carbono, observou-se que foram consumidos 5,3 g de óxido de cálcio. A massa de dióxido de carbono aproximadamente removida foi de:

a) 2,05 g.
b) 2,42 g.
c) 2,64 g.
d) 3,23 g.
e) 4,15 g.

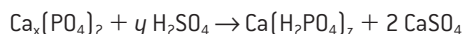
Q34. (Ufal) A magnetita, importante minério de ferro que deu origem às bússolas, forma-se no interior da Terra pela reação expressa na equação química:

$$a\,FeO\,(s) + b\,CO_2\,(g) \rightarrow x\,Fe_3O_4\,(s) + y\,CO\,(g)$$

Os coeficientes estequiométricos que tornam a, b, x e y a equação balanceada são, respectivamente:

a) 2, 2, 1, 1.
b) 3, 1, 1, 1.
c) 3, 2, 3, 2.
d) 1, 2, 3, 1.
e) 2, 3, 1, 1.

8

Q35. (Ufal) Uma característica essencial dos fertilizantes é a sua solubilidade em água. Por isso, a indústria de fertilizantes transforma o fosfato de cálcio, cuja solubilidade em água é muito reduzida, num composto muito mais solúvel, que é o superfosfato de cálcio. Esse processo é representado pela equação química:

$$Ca_x(PO_4)_2 + y\ H_2SO_4 \rightarrow Ca(H_2PO_4)_z + 2\ CaSO_4$$

onde os valores de *x*, *y* e *z* são, respectivamente:

a) 2, 2 e 2.

b) 3, 2 e 2.

c) 4, 2 e 2.

d) 3, 6 e 3.

e) 5, 2 e 3.

Q36. (UFPI) O ferro pode combinar-se com monóxido de carbono, formando compostos de fórmula geral $Fe_x(CO)_y$, os quais, ao serem queimados em atmosfera de oxigênio, produzem óxido de ferro (III) e dióxido de carbono. Se, quando se queima uma amostra de $Fe_x(CO)_y$, em atmosfera de oxigênio, obtém-se 0,40 g de óxido de ferro (III) e 1,10 g de dióxido de carbono, a razão *y*/*x*, nessa amostra de $Fe_x(CO)_y$, é:

a) 0,5.

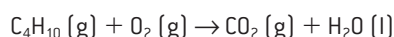
b) 1,0.

c) 2,5.

d) 3,0.

e) 5,0.

Q37. (CFTSC) A reação de combustão de um dos componentes do gás de cozinha, o gás butano (C_4H_{10}), pode ser representada pela seguinte equação química **não balanceada**:

$$C_4H_{10}\ (g) + O_2\ (g) \rightarrow CO_2\ (g) + H_2O\ (l)$$

Sabendo que o volume molar de um gás ideal nas CNTP é 22,7 L/mol, julgue os itens que se seguem como **verdadeiros** (V) ou **falsos** (F):

1) De acordo com a Lei das Proporções Definidas, dobrando-se as massas dos gases butano e oxigênio, as massas de gás carbônico e de água aumentarão 3 vezes.

2) São necessários 13 mols de gás oxigênio para reagir com 2 mols de gás butano.

3) A queima de 58 g de gás butano produzirá 90 g de água.

4) Nas CNTP, para produzir 45,80 L de gás carbônico, são necessários 116 g de gás butano.

5) Quando se queimam 232,0 g de gás butano, são utilizados 98,6 L de gás oxigênio, nas CNTP.

A ordem **correta** de marcação é:

a) F, F, V, F, F.

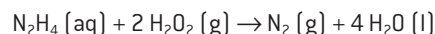
b) F, V, V, F, F.

c) F, V, F, V, F.

d) V, V, F, V, F.

e) F, F, V, V, V.

Q38. (PUC-MG) Considere a seguinte equação química:

$$N_2H_4\ (aq) + 2\ H_2O_2\ (g) \rightarrow N_2\ (g) + 4\ H_2O\ (l)$$

Com relação à equação, é **incorreto** afirmar que:

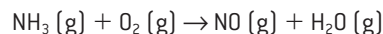
a) o número de átomos dos reagentes é menor que o número de átomos dos produtos.

b) a massa dos reagentes é igual à massa dos produtos.

c) a reação produz uma substância simples e uma substância composta.

d) o número de moléculas dos reagentes é diferente do número de moléculas dos produtos.

Q39. (PUC-MG) Por meio da reação de combustão da amônia, podemos obter o óxido nítrico. Essa reação pode ser representada pela seguinte equação **química não balanceada**:

$$NH_3\ (g) + O_2\ (g) \rightarrow NO\ (g) + H_2O\ (g)$$

Após o balanceamento da equação, a soma de todos os coeficientes mínimos e inteiros das espécies químicas envolvidas é igual a:

a) 9.

b) 13.

c) 15.

d) 19.

Q40. (UFSJ-MG) Uma substância simples formada por moléculas diatômicas, com massa molecular aproximadamente igual a 28 g/mol, possui a fórmula:

a) CO.

b) Si.

c) N_2.

d) HCN.

e) O_2.

Q41. (Udesc) Analise as afirmações em relação a 2 moléculas de ácido ascórbico (vitamina C) $C_6H_8O_8$:

I. Contém 6 átomos de carbono, 8 átomos de hidrogênio e 8 átomos de oxigênio.

II. Contém 12 átomos de carbono, 16 átomos de hidrogênio e 16 átomos de oxigênio.

III. Sua massa corresponde a 208 g.

Está(ão) **correta(s)**:

a) apenas III.

b) apenas I.

c) apenas II.

d) I e II.

e) I e III.

Q42. (Unicamp-SP) 8,4 g de uma substância de fórmula C_xH_6 apresentam $1,2 \times 10^{23}$ moléculas. Calcule o valor de *x*.

Q43. (UPM-SP) O número de moléculas de sacarose presente numa embalagem que contém 5,7 g desse açúcar é igual a:

Dado: massa molar da sacarose = 342 g/mol.

a) $1,0 \times 10^{22}$.

b) $6,0 \times 10^{23}$.

c) $1,0 \times 10^{24}$.

d) $2,0 \times 10^{26}$.

e) $1,9 \times 10^{20}$.

Q44. (UEM-PR) Considere a reação de combustão completa do hidrogênio gasoso, balanceada em menores números inteiros. Comparando-se os reagentes com o produto da reação, pode-se dizer que eles apresentam igual:

I. número total de moléculas.

II. número total de átomos.

III. massa.

Dessas afirmações:

a) apenas I é correta.

b) apenas II é correta.

c) apenas I e II são corretas.

d) apenas I e III são corretas.

e) apenas II e III são corretas.

Q45. (UFV-MG) Considere 1,0 L de álcool etílico (CH_3CH_2OH), cuja densidade é $0,80 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

O número de moléculas contidas em 1 L desta substância é:

a) $1,0 \times 10^{25}$.

b) $6,0 \times 10^{23}$.

c) $2,8 \times 10^{25}$.

d) $3,5 \times 10^{22}$.

e) $2,8 \times 10^{22}$.

Q46. (Fatec-SP) O gráfico a seguir relaciona as massas de magnésio que reagem com oxigênio para formar óxido de magnésio.

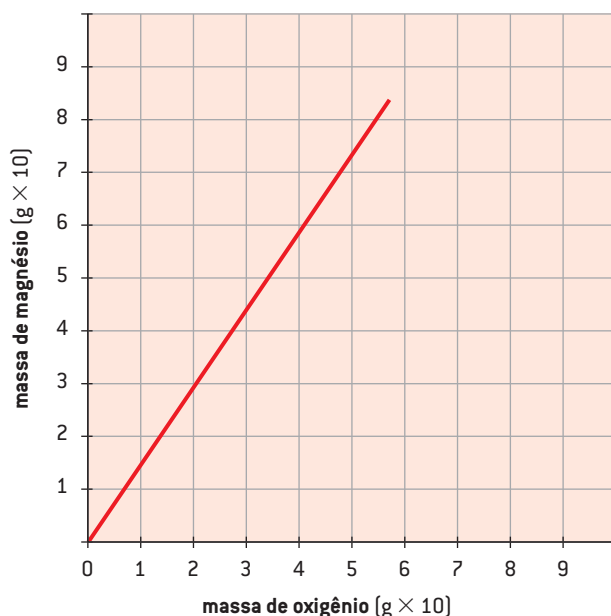



Figura 8.14 Questão Q46.

Considere os reagentes em extrema pureza, e reação completa. A análise desse gráfico permite afirmar que:

a) as massas de oxigênio e magnésio, envolvidas nas reações, são inversamente proporcionais.

b) a massa de oxigênio, necessária para reagir com 48 g de magnésio, é de 4,8 g.

c) usando-se 60 g de magnésio e 60 g de oxigênio formam-se 100 g de óxido de magnésio, havendo um excesso de 20 g de oxigênio.

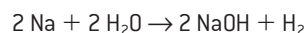
d) usando-se 60 g de magnésio e 60 g de oxigênio formam-se 120 g de óxido de magnésio.

e) a proporção entre as massas de magnésio e oxigênio que reagem para formar óxido de magnésio é de 2 de Mg para 3 de O.

Q47. (UFF-RJ) Qual massa de $[_{26}Fe^{56}]^{3+}$ conterá 4,6 mols de elétrons?

Q48. (UFRS) Misturam-se 40 g de água com 3×10^{24} átomos de cálcio e 5 mols de moléculas de oxigênio. Qual a massa da mistura em g?

Q49. (Unesp-SP) O sódio metálico reage com a água, de acordo com a equação balanceada:

$$2\ Na + 2\ H_2O \longrightarrow 2\ NaOH + H_2$$

Considerando que a massa de sódio metálico que foi consumido é igual a 4,6 g, calcule a massa de hidróxido de sódio que foi produzido.

a) 0,4 g.

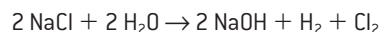
b) 4 g.

c) 8 g.

d) 16 g.

e) 32 g.

Q50. (UFF-RJ) O cloro empregado nos sistemas de purificação de água é obtido, industrialmente, pela decomposição eletrolítica da água do mar mediante a reação química representada a seguir:

$$2\ NaCl + 2\ H_2O \longrightarrow 2\ NaOH + H_2 + Cl_2$$

A massa de cloreto de sódio a ser utilizada na produção de 25 toneladas de cloro, supondo uma eficiência de 100% do processo, será, aproximadamente:

a) 13 toneladas.

b) 21 toneladas.

c) 28 toneladas.

d) 41 toneladas.

e) 83 toneladas.

Q51. (UFMS) Ácido fosfórico, H_3PO_4, pode ser obtido pela reação de fosfato de cálcio, $Ca_3(PO_4)_2$, com ácido sulfúrico, H_2SO_4.

Dado: número de Avogadro = $6,0 \times 10^{23}$.

a) Escreva a equação química balanceada da reação.

b) Calcule a massa de fosfato de cálcio necessária para obter 588 g de ácido fosfórico.

CAPÍTULO

9 Ligações químicas, interações intermoleculares e propriedades dos materiais

O foco central de nosso estudo são os materiais. Em capítulos anteriores aprendemos sobre suas propriedades e como elas podem ser compreendidas se utilizarmos modelos e teorias. Estudamos o modelo cinético-molecular, que nos ajudou a compreender várias questões, como: por que um gás pode ser comprimido ou por que o gelo é menos denso que a água líquida.

Ampliamos nossa compreensão sobre a constituição dos materiais estudando modelos para o átomo e discutindo a organização dos elementos na tabela periódica. Trabalhamos também com algumas transformações que os materiais sofrem focando nas transformações químicas e nas quantidades nelas envolvidas.

Neste capítulo trataremos novamente de algumas propriedades dos materiais. Vamos aprofundar nosso estudo sobre a constituição desses materiais e relacionar essa constituição com as propriedades, aprendendo novos modelos explicativos: os modelos de ligação química e interações intermoleculares.

Martin Baumgärtner/Mauritius/Latinstock

Anneka/Shutterstock/Glow Images

Diferentes tipos de substâncias fazem parte de nossa vida.

Figura 9.1 As interações intermoleculares da água permitem que o inseto flutue sobre ela.

projeto 1

O uso dos materiais, suas propriedades e os modelos de ligação química

Neste projeto, você e seu grupo vão pesquisar sobre um determinado material com o objetivo de entender suas propriedades e explicá-las com base nos modelos de ligação química, além de verificar como o uso desse material, para fabricar diferentes objetos e artefatos utilizados no cotidiano urbano, industrial e rural, relaciona-se com essas propriedades.

Vocês deverão também se informar sobre os processos de obtenção do material estudado, a distribuição das reservas de matéria-prima para sua obtenção no Brasil e no mundo, assim como sobre as implicações sociais e ambientais de sua produção e uso.

O projeto deve ser desenvolvido ao longo do estudo deste capítulo. Seu professor estabelecerá o material a ser investigado pelos grupos, dentre os seguintes:

- metais: ferro e aço;
- metais: alumínio e cobre;
- vidros e tijolos refratários;
- materiais de origem vegetal: madeira, papel, fibras vegetais;
- biomateriais, catalisadores, polímeros condutores, nanomateriais;
- plásticos e borrachas;
- silício e outros materiais usados na fabricação de componentes eletrônicos.

Não se esqueçam de indicar as fontes utilizadas na pesquisa: jornais, revistas, livros, internet, etc.

No relatório que deve ser feito sobre o material, cada grupo deverá responder às seguintes questões:

P1 Qual é a origem do material considerado? Como ele é produzido e/ou extraído? Descrevam todas as fases do processo de extração e do processo industrial de produção. Qual é o impacto ambiental e social de sua produção e/ou extração? Quais são as reservas potenciais em uso das matérias-primas para a fabricação desse material no Brasil e no mundo e como elas se distribuem?

P2 Descrevam o funcionamento de um produto em que esse material é usado, deixando claro quais propriedades fazem com que o material seja apropriado para esse uso.

P3 Como está distribuído o consumo desse tipo de material pelos diferentes países, em termos absolutos e em termos relativos (quilograma do material por habitante – kg/hab.)? E entre os estados brasileiros? O que essa distribuição pode indicar em termos de desenvolvimento socioeconômico dos diferentes países e regiões?

P4 Quais são os principais impactos ambientais e sociais decorrentes do uso desse material? Por exemplo, em relação ao impacto ambiental, considerem o problema do consumo de energia elétrica para a produção do material, da poluição ambiental provocada pela extração de minérios, etc.; quanto ao impacto social, considere, por exemplo, a possibilidade de as inovações tecnológicas, que resultam do uso do material, gerarem desemprego. Que medidas têm sido tomadas para minimizar esse impacto? Que outras poderiam ser tomadas? É possível desenvolver métodos para diminuir o descarte desse material? O material é reutilizável ou reciclável? Tem sido reutilizado ou reciclado no Brasil? Como a reutilização ou reciclagem contribuem para minimizar o impacto ambiental?

P5 Como o uso do material estudado pode contribuir, ou não, para o desenvolvimento sustentável?

P6 Selecionem, preparem e apresentem algum experimento relacionado ao material do grupo.

texto 1

Propriedades dos materiais e tipos de ligações químicas

Diferentes materiais apresentam propriedades variadas. Com isso, ocorre-nos a pergunta: Qual é a relação entre essa variedade de propriedades e as ligações químicas presentes nos materiais? Primeiramente, vamos analisar os dados do quadro 9.1.

Sólido	Comportamento sob aquecimento	Solubilidade em água	Solubilidade em aguarrás	Condutividade elétrica no estado sólido	Condutividade elétrica em solução aquosa
cobre	funde-se a 1 083 °C	insolúvel	insolúvel	bom condutor	//////////////////////
cloreto de sódio	funde-se a 801 °C	solúvel	insolúvel	mau condutor	bom condutor
sacarose (açúcar)	funde-se entre 185 e 186 °C	solúvel	insolúvel	mau condutor	mau condutor
naftalina	funde-se a 80 °C	insolúvel	solúvel	mau condutor	//////////////////////
diamante	convivem diamante e grafite sólidos e carbono líquido ≈ a 3 900 °C à pressão ≈ 12,5 GPa	insolúvel	insolúvel	mau condutor	//////////////////////

Quadro 9.1
Propriedades de algumas substâncias sólidas.

Que evidências sobre a natureza das ligações químicas podemos obter conhecendo a temperatura de fusão dos materiais?

Analisando o comportamento das substâncias sob aquecimento, verificamos que algumas mudam de estado físico a temperaturas elevadas, como o cobre, o cloreto de sódio e o diamante. Já o açúcar (sacarose) e a naftalina fundem-se a temperaturas razoavelmente baixas.

Fotos: Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 9.2
O cobre, o diamante e o cloreto de sódio fundem--se a temperaturas muito mais elevadas do que a naftalina e o açúcar.

Um modelo de ligação química é usado para explicar essas e outras propriedades das substâncias. No caso do cobre, do diamante e do cloreto de sódio, quando a substância muda de estado físico, rompem-se interações entre as partículas que constituem a substância. Como a temperatura para efetuar essas mudanças é elevada, podemos imaginar que essas interações sejam muito fortes. No caso do diamante, temos um tipo de ligação conhecida como **ligação covalente**, que é o mesmo tipo de ligação presente nas moléculas de hidrogênio, oxigênio, naftalina, sacarose, gasolina, álcool, água, etc.

Essas últimas substâncias, no entanto, mudam de estado físico ou transformam-se em líquidos a temperaturas relativamente baixas, quando comparadas com o diamante. Como explicar essa diferença?

Em todas essas substâncias (hidrogênio gasoso, oxigênio gasoso, naftalina, sacarose, gasolina, álcool, água), a ligação covalente é responsável pela formação da **molécula**. A agregação das moléculas para formar quantidades macroscópicas dessas substâncias se dá, no entanto, por **interações entre moléculas**, que são relativamente fracas. Portanto, há nessas substâncias dois tipos de interação: uma entre os átomos para formar moléculas (ligação covalente) e outra entre moléculas para formar o material (**interação intermolecular**). Essas substâncias são chamadas de **substâncias moleculares**. Como as interações entre as moléculas são fracas, as substâncias moleculares geralmente têm temperatura de fusão e de ebulição relativamente baixas. Aquelas formadas por moléculas pequenas, como nitrogênio (N_2), oxigênio (O_2), gás carbônico (CO_2), cloro (Cl_2) e metano (CH_4), geralmente são gasosas à temperatura ambiente, o que indica que suas temperaturas de ebulição são menores que a temperatura ambiente. As interações intermoleculares nessas substâncias devem ser muito fracas.

No diamante, não há formação de moléculas individuais. A agregação das partículas para formar o material é realizada pela ligação covalente entre os átomos de carbono, muito forte, o que explica a alta temperatura necessária para quebrá-la e fundir o diamante. Poderíamos pensar que, no caso do diamante, os átomos de carbono ligam-se para formar uma molécula gigante.

No caso do cobre e do cloreto de sódio, temos uma situação semelhante à do diamante, só que as ligações envolvidas são de outra natureza. No caso do cobre, também não se formam moléculas, uma

vez que os átomos se ligam por meio de **ligações metálicas** para formar o material. Podemos imaginar que esse tipo de ligação também é forte, uma vez que a maioria dos metais se funde a temperaturas elevadas.

Já em relação ao cloreto de sódio, a ligação não é entre átomos, mas entre íons, que são partículas eletricamente carregadas. O cloreto de sódio também não forma moléculas, uma vez que os íons sódio e cloreto se ligam por meio de **ligações iônicas** para formar o material, um **sólido iônico**.

Questões

Q1. Identifique o tipo de ligação química ou a interação intermolecular que está sendo rompida ou formada em cada um dos processos a seguir:

a) mudanças de fase na água: líquido – vapor; líquido – sólido;

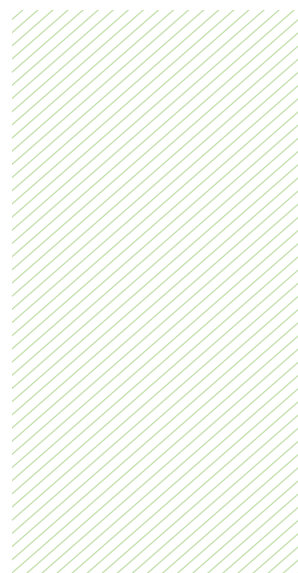
b) mudanças de fase no iodo: sólido – vapor; vapor – sólido;

c) fusão do ferro;

d) sublimação da naftalina;

e) fusão de cloreto de sódio.

Q2. Reproduza o quadro a seguir em seu caderno. Com base na leitura do Texto 1, complete-o, utilizando todas as substâncias citadas no quadro 9.1. Apresentamos um exemplo para que você possa seguir.

Substância	Temperatura de fusão	Tipo de interação intermolecular ou de ligação química rompida na fusão	Intensidade da ligação química ou da interação intermolecular
açúcar (sacarose)	baixa	interação intermolecular	fraca

Quadro 9.2
Relações entre a intensidade, os tipos de interações e as temperaturas de fusão.

Que evidências sobre a natureza das ligações químicas podemos obter conhecendo a solubilidade dos materiais?

O modelo de ligações químicas também é útil para explicar as diferenças de solubilidade. Como estudamos no capítulo 5, um modelo parcial, mas que explica bem a solubilidade, considera que esse fenômeno depende da interação entre as partículas do soluto e do solvente.

No quadro 9.1 (página 277), pudemos observar que o cobre e o diamante são substâncias insolúveis nos dois tipos de solventes que foram usados. Esse fato é observado na maioria dos metais como também em outros sólidos covalentes, como: grafite, sílica (um componente da areia), mica, etc.

Figura 9.3
Sólidos covalentes como o diamante, a mica, a sílica (presente na areia) e a grafite são insolúveis na maioria dos solventes comuns.

Gilberto do Vale Rodrigues/ Arquivo da editora

Você deve ter observado, no mesmo quadro, que o cobre e o diamante mudam de estado físico a temperaturas muito elevadas. Como já foi visto, isso evidencia que as ligações entre suas partículas são muito fortes. Para que ocorra a dissolução, essas ligações também terão que ser quebradas por meio da interação com o solvente, com a formação de um novo tipo de interação: **soluto-solvente**.

No caso do cobre e do diamante, não há a formação dessas interações porque a energia necessária para quebrar a **interação soluto-soluto** é muito alta quando comparada com a liberação de energia que ocorreria na formação da interação soluto-solvente.

A temperatura de fusão do cloreto de sódio também é elevada; no entanto, ele é solúvel em água. Como explicar esse fato?

O que favorece a dissolução do cloreto de sódio em água é a interação dos íons sódio e cloreto com as moléculas de água. A formação dessas interações entre as partículas do soluto e do solvente leva à quebra da ligação entre as partículas do cloreto de sódio. Os íons sódio e cloreto ficam **solvatados** pelas moléculas de água. Por meio do processo de solvatação, os íons ficam envoltos, interagindo com várias moléculas de água. Isso só é possível por meio da interação soluto-solvente.

A temperatura de fusão da naftalina é relativamente baixa e, no entanto, é uma substância que não é solúvel em água, mas sim em solventes orgânicos como os contidos na aguarrás. Como explicar essa diferença?

Podemos imaginar, usando os mesmos argumentos anteriores, que não se estabelece a interação soluto-solvente entre as partículas de naftalina e água; isso ocorre apenas entre as partículas de naftalina e de aguarrás. Para explicar essa diferença, temos que pensar na natureza das partículas que formam a água, o solvente contido na aguarrás e a naftalina, o que será aprofundado posteriormente.

a

b

Fotos: Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 9.4
A naftalina é insolúvel em água (a), mas solúvel em aguarrás, que contém um solvente orgânico (b).

Questões

Q3. No seu caderno, desenhe um modelo que represente a solvatação do cloreto de sódio em água.

Q4. Usando as informações do Texto 1, tente explicar a ocorrência ou não de solubilidade nas situações a seguir:

a) Duas casas tiveram as paredes externas pintadas com materiais diferentes: uma com cal e a outra com tinta a óleo. Depois das chuvas de verão, uma das casas permaneceu pintada, ao passo que a outra perdeu praticamente toda a tinta. Qual das casas teve a tinta removida pela ação das chuvas? Por quê?

b) Ao se adicionar água a uma mistura contendo sal de cozinha e areia, uma parte da mistura dissolveu-se e a outra, não. Identifique o componente da mistura que se dissolveu e o que não se dissolveu e explique cada caso.

Que evidências sobre a natureza das ligações químicas podemos obter conhecendo a condutividade elétrica dos materiais?

A condutividade elétrica pode ser explicada, geralmente, pela presença de cargas que podem se movimentar ao longo do material.

Por exemplo, a condutividade elétrica da solução do cloreto de sódio em água deve-se à **mobilidade dos íons** (partículas carregadas) na solução aquosa. No caso do cristal de cloreto de sódio, os íons não têm essa mobilidade, pois se encontram fixos em posições definidas num **retículo cristalino**. O retículo cristalino é um arranjo tridimensional no qual os átomos ou íons ou moléculas estão organizados no cristal. O que mantém

esses íons fixos na estrutura do cristal é a força atrativa – a ligação iônica.

No caso dos metais, como o cobre, e de algumas substâncias não metálicas condutoras, como a grafite, a condutividade elétrica não é explicada pela presença de íons móveis, mas pela existência de elétrons móveis. Os elétrons na região mais externa da eletrosfera não estão fortemente presos aos núcleos, o que possibilita sua mobilidade. Eles são, portanto, as partículas responsáveis pela condutividade elétrica no caso do cobre e da grafite.

Fotos: Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Figura 9.5
A condutividade elétrica se deve à presença de cargas que podem se deslocar no material:
a) no de solução aquosa de NaCl (um sal iônico), essas cargas são íons;
b) no caso do cobre, essas cargas são elétrons.

Questões

Q5. Responda às questões e faça o que se pede a seguir:

a) Observando as propriedades das substâncias sólidas relacionadas no quadro 9.1, você pode constatar que o açúcar (sacarose) e o cloreto de sódio são solúveis em água. Como você explica o fato de que o cloreto de sódio, em solução aquosa, conduz corrente elétrica e de que o açúcar, nas mesmas condições, não conduz?

b) Como você explica o fato de que o cloreto de sódio não conduz eletricidade no estado sólido, uma vez que ele é formado por partículas (íons) com cargas positivas e negativas?

c) O cloreto de sódio fundido (em estado líquido) conduz ou não corrente elétrica? Explique.

d) Desenhe modelos para o cloreto de sódio no estado sólido e no estado líquido e explique, com base nesses modelos, a ocorrência ou não de condutividade elétrica nesses materiais.

Q6. Faça o que é pedido e responda às questões:

a) Relacione alguns materiais utilizados para fazer fios condutores de eletricidade.

b) Qual é a característica comum a esses materiais?

c) Como você explica a condutividade elétrica desses materiais?

atividade 1

Modelos de ligação química e propriedades dos materiais

Nesta atividade, vamos investigar algumas propriedades físicas e organolépticas de dez substâncias sólidas puras. Vamos agrupar as substâncias que apresentem propriedades semelhantes e explicar essas propriedades por meio dos modelos de ligação química. Para isso, testaremos a solubilidade dessas substâncias em dois solventes (água e aguarrás), assim como sua condutividade elétrica no estado sólido e em solução aquosa.

Material

Açúcar (sacarose) – $C_{12}H_{22}O_{11}$; grafite – $C_{grafite}$; alumínio – Al; cobre – Cu; iodo – I_2; quartzo – SiO_2; iodeto de potássio – KI; naftaleno – $C_{10}H_8$; ferro – Fe; cloreto de sódio – NaCl.

PARTE A ⇢ Propriedades organolépticas das substâncias

Como vimos nos capítulos iniciais de nosso curso, propriedades organolépticas são aquelas que podem ser avaliadas pelos sentidos, como cor, brilho, cheiro, etc.

A1 Observem as substâncias relacionadas no quadro a seguir e descrevam todas as propriedades organolépticas que vocês podem constatar ao examiná-las.

Substância	Foto da substância	Substância	Foto da substância
a) açúcar (sacarose) – $C1_2H_{22}O_{11}$		b) grafite – $C_{grafite}$	
c) alumínio – Al		d) cobre – Cu	
e) iodo – I_2		f) quartzo – SiO_2	
g) iodeto de potássio – KI		h) naftaleno – $C_{10}H_8$	
i) ferro – Fe		j) cloreto de sódio – NaCl	

Fotos: Gilberto do Vale Rodrigues/Arquivo da editora

Quadro 9.3
Algumas substâncias com diferentes aspectos que podem ser avaliados pelos sentidos.

Questão

Q7. Considerando apenas as propriedades organolépticas que vocês determinaram, é possível identificar algum grupo de substâncias? Expliquem.

PARTE B ⇢ Temperatura de fusão

Observe o quadro ao lado, no qual estão indicados os valores da temperatura de fusão das mesmas substâncias apresentadas no quadro 9.3.

Quadro 9.4
Temperatura de fusão das substâncias.

Substância	Temperatura de fusão (°C)
a) açúcar (sacarose) – $C_{12}H_{22}O_{11}$	185
b) grafite – $C_{grafite}$	sublima-se a 3 825
c) alumínio – Al	659
d) cobre – Cu	1 083
e) iodo – I_2	114
f) quartzo – SiO_2	1 610
g) iodeto de potássio – KI	686
h) naftaleno – $C_{10}H_8$	80
i) ferro – Fe	1 535
j) cloreto de sódio – NaCl	801

Questões

Q8. Expliquem o que ocorre com a interação entre as partículas que constituem o material durante a fusão.

Q9. Com base na resposta da questão anterior, expliquem por que algumas substâncias apresentam temperaturas de fusão elevadas, ao passo que outras apresentam valores baixos para essa propriedade.

Q10. Levando em consideração apenas o valor da temperatura de fusão e os modelos de ligação química e de interações intermoleculares, seria possível identificar algum grupo de substâncias? Expliquem.

PARTE C ⇢ Condutividade elétrica no estado sólido

Material

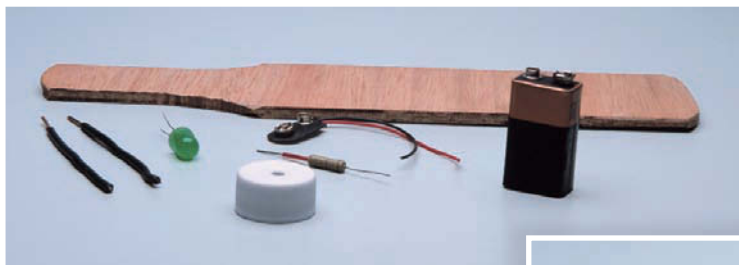
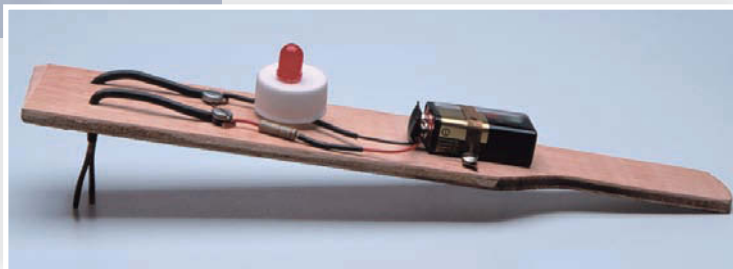
Dispositivo para medir a condutividade elétrica dos materiais.

Fotos: Gilberto do Vale Rodrigues/ Arquivo da editora

Figura 9.6
Com materiais simples, encontrados em lojas de produtos eletrônicos, vocês podem montar um dispositivo para medir a condutividade elétrica de materiais.

O que fazer

A2 Coloquem os fios do dispositivo para medir a condutividade elétrica sobre cada substância, tomando o cuidado de não encostar um fio no outro. Se a lâmpada acender, classifiquem a substância como boa condutora de eletricidade. Caso contrário, classifiquem-na como má condutora.

A3 Construam um quadro com duas colunas, no qual serão dispostas informações sobre a condutividade elétrica das substâncias no estado sólido. Na primeira coluna, coloquem o título **Substâncias boas condutoras**; na segunda, **Substâncias más condutoras**.

Questões

Q11. Considerando os modelos de ligação química, o que explica a condutividade elétrica dos materiais no estado sólido?

Q12. Levando em consideração apenas a condutividade elétrica no estado sólido e os modelos de ligação química e de interações intermoleculares, seria possível identificar algum grupo de substâncias? Expliquem.

PARTE D ⇢ Solubilidade em água (solvente polar) e aguarrás (solvente apolar)

Tenha cuidado! Nas partes D e E, trabalhe em ambiente ventilado ou utilize uma capela.

Material

Aguarrás, água, vinte e um tubos de ensaio, uma espátula e um bastão de vidro.

O que fazer

A4 Rotulem os tubos de ensaio de *A* a *J*.

A5 Coloquem água até a altura de 1/3 de cada tubo.

A6 Adicionem uma ponta de espátula da substância a ser testada. Usem o bastão de vidro, com cuidado, para auxiliar a dissolução.

A7 Construam um quadro com três colunas. Na primeira, coloquem o título **Substâncias solúveis em água**; nas demais, **Substâncias solúveis em aguarrás** e **Substâncias insolúveis**, respectivamente. Anotem os resultados no quadro. Caso a substância seja solúvel, guardem a solução para realizar o teste da parte E.

A8 Repitam os testes anteriores, utilizando aguarrás no lugar da água. Anotem os resultados na segunda coluna do quadro construído em A7. Caso a substância seja solúvel, guardem a solução para realizar o teste da parte E.

A9 Agora adicionem água até a altura de 1/3 de um dos tubos de ensaio. Adicionem a mesma quantidade de aguarrás. Agitem. Observem e registrem.

Questões

Q13. Nos rótulos de recipientes de aguarrás está escrito:

Componentes: solventes alifáticos

Pesquisem o significado de solventes alifáticos.

Não se esqueçam de indicar as fontes de pesquisa.

Q14. Tentem explicar por que água e aguarrás não são miscíveis.

Q15. Levando em consideração os modelos de ligação química, tentem explicar as diferenças de solubilidade observadas.

Q16. Considerando apenas a solubilidade em água e em aguarrás e os modelos de ligação química e de interações intermoleculares, seria possível identificar algum grupo de substâncias? Expliquem.

PARTE E ⇢ Condutividade elétrica em solução aquosa e em solução de aguarrás

Material

Dispositivo para testar condutividade elétrica, um béquer de 250 mL, vidro de relógio (ou um béquer de 50 mL).

O que fazer

A10 Adicionem água ao béquer de 250 mL e testem a condutividade elétrica dessa substância, usando o dispositivo apropriado. A seguir, transfiram para o vidro de relógio (ou béquer de 50 mL) as soluções aquosas formadas na parte D e testem suas condutividades elétricas. Se o brilho da lâmpada for mais intenso do que no caso da água pura, considerem a solução como boa condutora. Caso contrário, considerem a solução como má condutora. Anotem os resultados em um quadro.

A11 Adicionem aguarrás ao béquer de 250 mL e testem a condutividade elétrica dessa substância, usando o dispositivo apropriado. A seguir, transfiram para o vidro de relógio (ou béquer de 50 mL) as soluções de aguarrás formadas na parte D e testem suas condutividades elétricas. Da mesma forma que em A10, anotem os resultados em um quadro.

Questões

Q17. Considerando os modelos de ligação química, o que explica a condutividade elétrica em solução aquosa?

Q18. Comparem o resultado obtido na parte E com o obtido na parte C, em que foi testada a condutividade elétrica das substâncias no estado sólido. O que vocês podem constatar? Como vocês explicam esse fato?

Q19. A condutividade elétrica em solução aquosa permite diferenciar dois grupos de substâncias que podem ser solúveis em água. Que grupos são esses? Expliquem com base nos modelos de ligação química.

PARTE F → Síntese dos resultados

A12 Construam um quadro no caderno com as seguintes colunas:

Substância	Condutividade elétrica no estado sólido	Solubilidade em água	Solubilidade em aguarrás	Condutividade elétrica em solução	Aspecto da substância	Temperatura de fusão

Quadro 9.5
Propriedades das substâncias de *A* a *J*.

Preencham o quadro com os resultados anotados nos quadros anteriores.

Discussão dos resultados

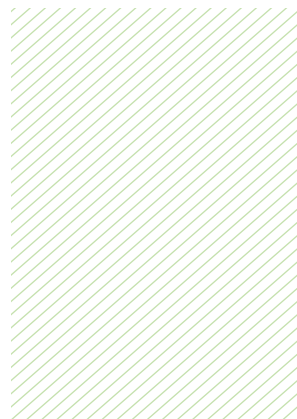
A13 A partir dos resultados listados no quadro que vocês construíram em A12, tentem agrupar as substâncias que possuem propriedades semelhantes explicitando os critérios usados para classificação. Construam outro quadro com o seguinte título: **Substâncias agrupadas e critérios usados para classificação**.

Questões

Q20. Comparem o agrupamento das substâncias realizado pelo seu grupo com os de outros grupos da sala. Anotem as possíveis divergências.

Q21. É possível chegar a um critério único de agrupar as substâncias levando em consideração apenas suas propriedades?

Q22. Procurem agrupar as substâncias levando em consideração, além das propriedades investigadas, os modelos de ligação química e de interações intermoleculares. Construam um quadro no caderno com três colunas e cinco linhas. Na primeira linha, coloquem os seguintes títulos em cada coluna: **Grupo**, **Propriedades**, **Características do modelo**. Na primeira coluna, a partir da segunda linha, coloquem os seguintes títulos: **Substâncias moleculares**, **Substâncias iônicas**, **Sólidos covalentes**, **Substâncias metálicas**. Preencham o quadro, explicitando as propriedades e descrevendo as principais características do modelo de cada grupo.

Q23. Façam um resumo de como cada um dos modelos de ligação química explica as propriedades observadas para as substâncias.

texto 2

Ligações químicas: as ligações covalentes

As substâncias são formadas por agrupamentos de átomos. Cada agrupamento diferente resulta em propriedades distintas. Já tivemos oportunidade de verificar que algumas substâncias diferentes apresentam propriedades semelhantes. As semelhanças entre essas propriedades podem ser explicadas por uma teoria das ligações químicas. Essa teoria nos permitirá responder às seguintes questões: O que mantém os átomos unidos? Por que persistem os agrupamentos de átomos? Por que cada tipo de agrupamento apresenta propriedades características? Para iniciar, vamos analisar o que ocorre quando dois átomos se aproximam um do outro.

O que acontece quando dois átomos se ligam? A ligação covalente

Na natureza, observa-se que as substâncias se formam porque os átomos tendem a um estado energético mais estável, de menor energia. Por exemplo, vejamos o que acontece com a energia de um sistema contendo dois átomos de hidrogênio quando esses átomos se aproximam.

A figura 9.7 mostra um gráfico que apresenta, como eixo *y* (ordenadas), a energia potencial, e como eixo *x* (abscissas), a distância entre os núcleos de dois átomos de hidrogênio. Note que faremos a leitura desse gráfico da direita para a esquerda.

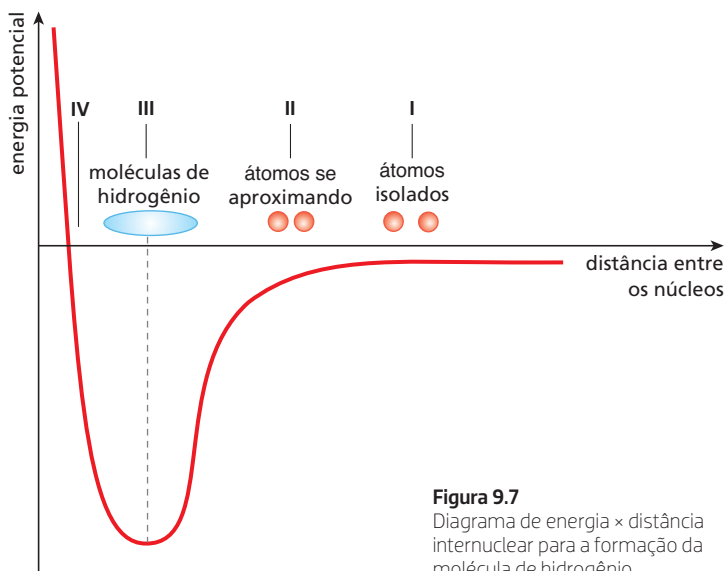



Figura 9.7
Diagrama de energia × distância internuclear para a formação da molécula de hidrogênio.

Quando dois átomos estão afastados (**situação I**), praticamente não existe uma interação entre eles. À medida que se aproximam, passam a atuar forças de atração entre o núcleo de cada um dos átomos e os elétrons do outro. Ao mesmo tempo, atuam forças de repulsão entre os núcleos e também entre os elétrons dos dois átomos (**situação II**).

A predominância das forças de atração faz com que os átomos de hidrogênio se aproximem cada vez mais, diminuindo a energia do sistema, até alcançarem uma distância na qual a energia é mínima (**situação III**). Nessa situação, há um equilíbrio entre as forças de atração e repulsão, e os elétrons de cada um dos átomos são atraídos igualmente pelos dois núcleos. Há, portanto, a formação do que chamamos **ligação química**. Neste caso, está sendo formada uma **ligação covalente**, mas podemos generalizar o fato de que toda ligação química se forma pela diminuição da energia do sistema. Portanto, para romper uma ligação química, deve-se fornecer energia ao sistema, enquanto sua formação libera energia. A situação III ocorre a uma certa distância entre os núcleos dos dois átomos, chamada de **comprimento de ligação**. Essa distância corresponde a 0,074 nm.

Uma maior aproximação entre os átomos (**situação IV**) provocará aumento da energia do sistema, com consequente diminuição da estabilidade.

A situação III corresponde à formação de uma ligação química entre os átomos de hidrogênio. O resultado é a formação de uma molécula de hidrogênio (H_2). Esse tipo de ligação química se dá por compartilhamento de elétrons e, como já vimos, chama-se ligação covalente. A formação de ligações covalentes entre os átomos geralmente resulta na formação de um agrupamento de átomos denominado **molécula**.

Considerando o modelo atômico, na situação I, na qual os átomos estão separados, cada elétron ocupa uma região do espaço em torno do núcleo, o orbital atômico (no caso, um orbital *s*). Na situação III, em que os átomos estão unidos por ligação covalente, os elétrons são atraídos igualmente pelos dois núcleos (veja a figura 9.8).

Figura 9.8
Representação para a formação da molécula de hidrogênio.

Toda vez que se forma uma ligação química, a energia do sistema diminui. Essa diminuição corresponde a uma liberação de energia do sistema para a vizinhança. A quantidade de energia liberada é conhecida como **energia de ligação**. De forma análoga, para que uma ligação química seja quebrada, é necessário fornecer energia ao sistema.

As reações químicas correspondem a rearranjos de átomos, em que algumas ligações são quebradas e outras são formadas. A quantidade de energia liberada ou consumida numa reação química vai depender do balanço entre a energia consumida para quebrar as ligações existentes nas espécies reagentes e a energia liberada na formação de novas ligações nos produtos. Frequentemente, numa reação exotérmica (que libera calor para a vizinhança), a energia liberada na formação das ligações nos produtos é maior que a consumida para quebrar as ligações nos reagentes. Numa reação endotérmica (que absorve calor da vizinhança), a energia necessária para quebrar as ligações existentes nas espécies reagentes é maior que a energia liberada na formação das ligações nos produtos.

Questões

Q24. O etanol (C_2H_5OH) é uma substância que vem sendo usada como combustível de automóveis no Brasil. O uso do etanol como combustível decorre do fato de que sua combustão libera uma quantidade considerável de energia (em forma de calor e trabalho mecânico). Na combustão completa do etanol, ocorre a reação com oxigênio e forma-se gás carbônico (CO_2) e água. Formam-se também vários outros subprodutos, resultantes da combustão incompleta.

a) Escreva a equação balanceada que representa a combustão completa do etanol.

b) Comparando a energia potencial química dos reagentes e dos produtos, o que você pode afirmar?

c) Considerando a resposta do item *b*, o que se pode afirmar sobre a energia de ligação dos produtos em relação à dos reagentes?

d) Considerando as respostas dos itens *a* e *b*, o que se pode afirmar sobre a estabilidade dos produtos formados em relação aos reagentes?

Q25. Os metais alcalinos não são encontrados na natureza na forma elementar, mas sim combinados com outros elementos. Quando obtidos na forma elementar, esses metais são tão reativos que não podem ser deixados expostos ao ar, pois reagem com o oxigênio. O sódio, por exemplo, é guardado em querosene para evitar o contato com o ar. A água não pode ser usada no lugar do querosene, porque o sódio reage violentamente com ela. Relacione as ideias de energia potencial química, estabilidade das substâncias e reatividade para explicar esses fatos.

A polaridade das ligações covalentes

No exemplo anterior, falamos em formação de uma molécula de hidrogênio. Nesse caso, os dois átomos são iguais; portanto, atraem igualmente os elétrons na ligação. Dizemos que eles têm a mesma **eletronegatividade**, que pode ser definida como a intensidade com que um átomo ligado atrai os elétrons da ligação química.

Avits/Arquivo da editora

Figura 9.9 Modelo de ligação covalente apolar.

Nos casos em que, a exemplo da molécula de hidrogênio, os átomos possuem a mesma eletronegatividade, a ligação é chamada de **ligação covalente apolar**. Nessas situações, a nuvem eletrônica está uniformemente distribuída entre os dois núcleos. O termo "apolar" indica que não houve formação de polos carregados (figura 9.9).

Vamos ver agora o que acontece quando dois átomos com eletronegatividade diferente se ligam, como na molécula de HCl. Teremos o mesmo tipo de ligação que ocorreu na molécula de H_2, mas nesse caso a nuvem eletrônica não estará uniformemente distribuída; ela estará mais densa junto ao átomo mais eletronegativo (no caso, o átomo de cloro). A região da molécula próxima ao átomo mais eletronegativo adquire uma carga parcial negativa (δ^-), ao passo que a região próxima ao átomo menos eletronegativo adquire uma carga parcial positiva (δ^+). A diferença de eletronegatividade entre os átomos confere, assim, um caráter polar à ligação covalente, que passa a ser chamada de **ligação covalente polar**.

Quanto maior for a diferença de eletronegatividade entre os átomos, maior será a polaridade da ligação formada.

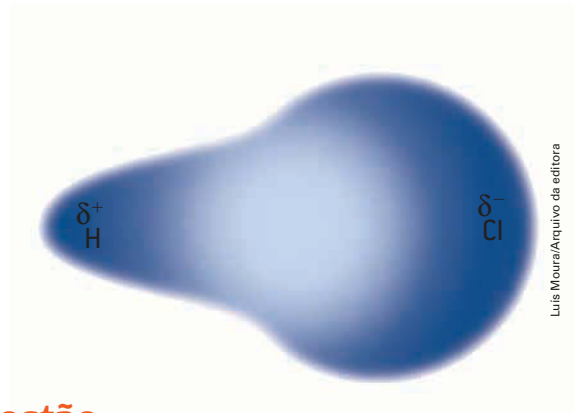



Figura 9.10
Modelo de ligação covalente polar.

Questão

Q26. Na Atividade 1, você testou a solubilidade de algumas substâncias em solvente polar (água) e solvente apolar (aguarrás). O iodo (I_2) foi solúvel em aguarrás mas não em água, e isso é uma evidência de que ele pode ser considerado uma substância formada por moléculas apolares. Com base nisso, faça o que é pedido:

a) No seu caderno, represente um modelo para a molécula de iodo, evidenciando a distribuição da nuvem eletrônica em torno dos dois núcleos dos átomos.

b) A água é uma substância formada por moléculas polares. Considerando que o átomo de oxigênio é mais eletronegativo que o átomo de hidrogênio e que o átomo de oxigênio está ligado a dois átomos de hidrogênio, represente um modelo para a molécula de água, evidenciando a distribuição da nuvem eletrônica em torno dos três núcleos dos átomos.

As interações intermoleculares e as propriedades das substâncias moleculares

Tivemos oportunidade de discutir como ocorre a formação de moléculas por meio de uma ligação covalente entre átomos. Para discutirmos as propriedades das substâncias formadas por moléculas, é necessário introduzir uma distinção importante. Apesar de as moléculas dessas substâncias serem formadas por ligações covalentes, não é o modelo de ligação covalente que explica suas propriedades físicas. Se assim fosse, seria de esperar que essas substâncias apresentassem altas temperaturas de fusão e ebulição (como o diamante) e fossem insolúveis tanto em solventes polares como apolares, uma vez que em uma ligação covalente os átomos estão fortemente ligados entre si.

Ao contrário, as substâncias moleculares apresentam temperaturas de fusão e ebulição relativamente baixas e são solúveis em solventes polares ou apolares, dependendo da sua natureza. O açúcar (sacarose), por exemplo, pode ser facilmente fundido numa chama de gás de cozinha e é bastante solúvel em água.

Portanto, existem dois tipos de substâncias formadas por ligações covalentes: as substâncias moleculares, que estudaremos agora, e os sólidos covalentes, que serão estudados a seguir.

Para compreender a natureza das substâncias moleculares, é preciso ter em mente que não são as ligações covalentes entre os átomos e sim as interações entre as moléculas que determinam suas propriedades físicas, uma vez que são essas interações as responsáveis pela agregação das partículas submicroscópicas (as moléculas) em conjuntos macroscópicos, cujas propriedades podemos investigar.

Assim, para as substâncias moleculares, é preciso introduzir a distinção entre **ligações interatômicas**, responsáveis pela formação da menor partícula da substância (a molécula), e **interações intermoleculares**, responsáveis pela agregação dessas partículas em conjuntos macroscópicos (as próprias substâncias moleculares, como as conhecemos e manipulamos).

As interações de Van der Waals

O gráfico da figura 9.11 apresenta a variação das temperaturas de fusão e de ebulição em função da massa molar para as substâncias simples formadas a partir de flúor, cloro, bromo e iodo, conhecidos como halogênios. Comparando as temperaturas de fusão e de ebulição de cada substância com a temperatura ambiente, podemos determinar o seu estado físico a essa temperatura.

Figura 9.11
Variação das temperaturas de fusão (■) e ebulição (●) com a massa molar para F_2, Cl_2, Br_2 e I_2.

Uma das informações que podemos tirar desse gráfico é que essas substâncias, quando já não estão no estado gasoso à temperatura ambiente, podem ser facilmente transformadas em gases. Isso mostra que as interações entre suas moléculas no estado sólido e no estado líquido são frágeis. As forças que mantêm unidas as moléculas num sólido desse tipo resultam de interações muito fracas, de natureza eletrostática – do tipo dipolo-dipolo induzido – que são consequência da atração que os núcleos de uma molécula podem exercer sobre a eletrosfera da molécula vizinha, gerando polarizações eventuais. Essas interações dependem da superfície de contato entre as moléculas, de modo que, quanto maior e menos ramificada a molécula, maior a força de atração entre elas. A consequência disso é que essas interações crescem com o aumento da massa molar, como pode ser visto no gráfico.

Essas interações, que explicam as temperaturas de fusão e de ebulição de substâncias formadas por moléculas apolares, constituem uma categoria ampla de forças de atração intermoleculares chamadas de **interações** ou **forças de Van der Waals** em homenagem ao cientista holandês que foi o primeiro a propor sua existência.

O fato de a intensidade das interações de Van der Waals ser proporcional à massa molar é observável para um número enorme de substâncias. Esse fato determina que o estado de agregação (sólido, líquido ou gasoso) das substâncias moleculares, a uma determinada temperatura, depende de sua massa molar. Essa relação pode ser observada, para outras substâncias, no quadro ao lado.

Quadro 9.6
Estados físicos de substâncias com diferentes massas molares.

Substância	Massa molar (g/mol)	Estado físico a 20 ºC
CO (monóxido de carbono)	28	gasoso
O_2 (oxigênio)	32	
CO_2 (dióxido de carbono)	44	
C_4H_{10} (butano)	56	
C_6H_6 (benzeno)	78	líquido
C_6H_{14} (n-hexano)	86	
$C_{10}H_8$ (naftaleno)	158	sólido
$C_{14}H_{10}$ (antraceno)	178	

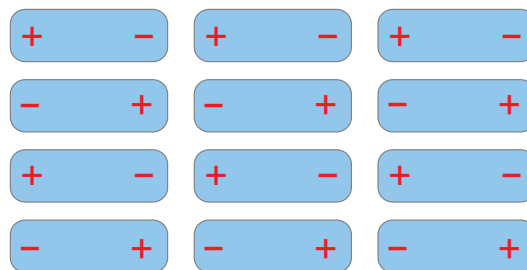
O fato de que as interações de Van der Waals dependam da superfície de contato entre as moléculas é observável para um grande número de substâncias orgânicas. Os hidrocarbonetos, substâncias orgânicas constituídas apenas por átomos de carbono e hidrogênio, apresentam, entre suas moléculas, apenas interações de Van der Waals. Como as cadeias orgânicas de hidrocarbonetos com uma mesma massa molar podem ser mais ou menos ramificadas, a comparação entre suas temperaturas de fusão e ebulição pode evidenciar esse fato. Observe o quadro 9.7, no qual listamos três pares de substâncias orgânicas com a mesma massa molar colocando, em cada par, um composto com cadeia linear (sem ramificações) e outro com cadeia ramificada. Em cada par, os compostos de cadeia linear têm temperaturas de fusão e de ebulição maiores que os de cadeia ramificada. Pode-se explicar esse fato admitindo-se que a superfície de contato é menor entre as cadeias ramificadas quando comparadas às cadeias normais.

Quadro 9.7
Temperaturas de fusão e ebulição em função da existência ou não de ramificações nas cadeias de alguns hidrocarbonetos.

Substância	Fórmula molecular	Fórmula estrutural	Temperatura de fusão (°C)	Temperatura de ebulição (°C)
hexano	C_6H_{14}	$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$	–95,3	68,7
2,2-dimetil butano	C_6H_{14}	CH_3 │ $CH_3 - C - CH_2 - CH_3$ │ CH_3	–99,0	49,7
heptano	C_7H_{16}	$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$	–90,6	98,5
2,2-dimetil pentano	C_7H_{16}	CH_3 │ $CH_3 - C - CH_2 - CH_2 - CH_3$ │ CH_3	–123,8	79,2
octano	C_8H_{18}	$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$	–56,8	125,6
2,2-dimetil hexano	C_8H_{18}	CH_3 │ $CH_3 - C - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$ │ CH_3	–121,1	106,8

Existem ainda outros tipos de forças de atração entre as moléculas. Essas forças são consequência da existência de dipolos elétricos permanentes nas moléculas polares. Moléculas polares como HCl e NH_3, por exemplo, podem ser representadas como um dipolo, como está indicado na figura 9.12. Se esses dipolos estiverem alinhados, como na figura, aparece entre eles uma atração de natureza eletrostática. A esse tipo de atração dá-se o nome de **interação dipolo-dipolo**.

A presença desse tipo de interação provoca um aumento nas forças de atração entre as moléculas. Em consequência, para substâncias de mesma massa molar, é razoável supor que aquelas constituídas por moléculas polares tenham temperaturas de fusão e de ebulição superiores às constituídas por moléculas apolares. Isso é realmente observado. O butano (apolar), por exemplo, é um gás à temperatura ambiente, enquanto a acetona (polar) é um líquido, apesar de suas massas molares serem bastante próximas (56 g/mol para o butano e 58 g/mol para a acetona).

Figura 9.12
Interação dipolo-dipolo. Os sinais positivos e negativos representam os centros das cargas positiva e negativa para o dipolo molecular resultante.

As ligações de hidrogênio

Já tivemos oportunidade de examinar vários exemplos de como o estado físico das substâncias moleculares depende de sua massa molar. Essas observações nos levaram à generalização de que, quanto maior a massa molar de uma substância, maior sua temperatura de fusão e de ebulição.

Será que essa regra é observada para todas as substâncias moleculares?

Ao examinarmos o quadro 9.8, vemos que algumas substâncias fogem completamente à regra geral que acabamos de comentar. A água é o exemplo mais notável. Sua massa molar, 18 g/mol, é bem próxima da do metano (16 g/mol). O metano, no entanto, é um gás à temperatura ambiente, enquanto a água é líquida. Sua temperatura de ebulição (–162 ºC) é muito inferior à da água (100 ºC).

Substância	Massa molar (g/mol)	Temperatura de ebulição (ºC)	Estado físico a 20 ºC
CH_4 (metano)	16	–162	gasoso
H_2O (água)	18	100	líquido
C_2H_5OH (etanol)	46	78	líquido
C_3H_6O (acetona)	58	56	líquido
$C_6H_5CH_3$ (tolueno)	92	111	líquido
$C_{10}H_8$ (naftaleno)	128	218	sólido

Quadro 9.8
Temperaturas de ebulição e estados físicos a 20 °C.

Poderíamos argumentar que a água é formada por moléculas polares, ao passo que o metano, por moléculas apolares. Mas, mesmo quando comparada com substâncias polares de massa molar três vezes maior que a sua, como o álcool e a acetona, a água ainda apresenta uma temperatura de ebulição mais elevada.

Como explicar essa discrepância?

Na molécula de água, temos um átomo muito eletronegativo (o oxigênio) ligado a outro átomo bem menos eletronegativo (o hidrogênio). A consequência é que a nuvem eletrônica da ligação O–H é bem mais densa na região próxima ao oxigênio, de modo que a ligação está bastante polarizada. A região polarizada negativamente em uma molécula (–O–) atrai a região polarizada positivamente em uma molécula vizinha (–H). As interações resultantes, apesar de bem mais fracas que uma ligação covalente, são mais fortes que os outros tipos de interação entre as moléculas vistos até aqui, recebendo, por isso, um nome especial: **ligações de hidrogênio**. Essas ligações explicam o porquê de a água ser líquida à temperatura ambiente, apesar de sua baixa massa molar.

As ligações de hidrogênio não ocorrem apenas entre moléculas de água. Várias outras substâncias que apresentam hidrogênio ligado principalmente a oxigênio, nitrogênio ou flúor também exibem esse tipo de ligação – como o etanol, que apresenta temperatura de ebulição maior que a da acetona, apesar da massa molar menor (quadro 9.8).

As ligações de hidrogênio estudadas até agora são intermoleculares, mas esse tipo de ligação pode ocorrer também dentro de uma mesma molécula, sendo então denominada **ligação de hidrogênio intramolecular**. Essa última confere, por exemplo, estruturas tridimensionais muito precisas às moléculas dos ácidos nucleicos e proteínas.

Questões

No quadro 9.9 são apresentadas as massas molares e as temperaturas de ebulição de compostos entre hidrogênio e átomos de três diferentes grupos da tabela periódica.

Fórmula do hidreto	Massa molar (g/mol)	Temperatura de ebulição (°C)
CH_4	16	−161,4
SiH_4	32	−112
GeH_4	76,6	−88,5
SnH_4	122,7	−52
H_2O	18	100
H_2S	34	−85,5
H_2Se	81	−41,5
H_2Te	129,6	−49
HF	20	19,5
HCl	36,6	−85
HBr	81	−67
HI	128	−35

Quadro 9.9
Temperaturas de ebulição para alguns hidretos.

Q27. Consulte a tabela periódica e indique o grupo a que pertencem os elementos combinados com o hidrogênio.

Para responder à questão Q27, consulte a tabela periódica na página 310.

Q28. Construa um gráfico da massa molar (eixo das abscissas) × temperatura de ebulição (eixo das ordenadas) para os hidretos. Ligue os pontos dos hidretos de elementos pertencentes ao mesmo grupo periódico para obter três curvas.

Q29. Observando o gráfico construído e os dados do quadro 9.9, podemos enunciar uma tendência geral na variação da temperatura de ebulição em função da massa molar.

a) Qual é essa tendência?

b) Justifique essa tendência usando os modelos de interações intermoleculares.

Q30. Observando o gráfico construído e os dados do quadro 9.9, podemos verificar que duas substâncias não seguem a tendência geral enunciada na Q29(a).

a) Que substâncias são essas?

b) Explique a anomalia observada para essas substâncias usando os modelos de interações intermoleculares.

Q31. Quando se comparam as temperaturas de ebulição do grupo do CH_4 com as do grupo do HF, observa-se que esse último grupo apresenta temperaturas de ebulição mais altas, apesar de os pesos moleculares não serem muito diferentes. Use os modelos de interações intermoleculares para explicar esse fato.

As propriedades dos sólidos covalentes

A grafite e o diamante são substâncias formadas exclusivamente por átomos de carbono. As ligações entre esses átomos devem ser covalentes apolares. As temperaturas de fusão dessas substâncias são bastante elevadas, o que nos leva a crer que as ligações a serem rompidas durante o processo de fusão são muito fortes.

Na grafite e no diamante, não existem moléculas individuais, como no hidrogênio (H_2). Nessas substâncias, denominadas sólidos covalentes, todos os átomos de carbono estão ligados por ligações covalentes. É como se um pedaço de uma dessas substâncias fosse uma única e gigantesca molécula. Então, podemos concluir que, no processo de fusão dessas substâncias, são quebradas as ligações covalentes entre os átomos de carbono, que são muito fortes.

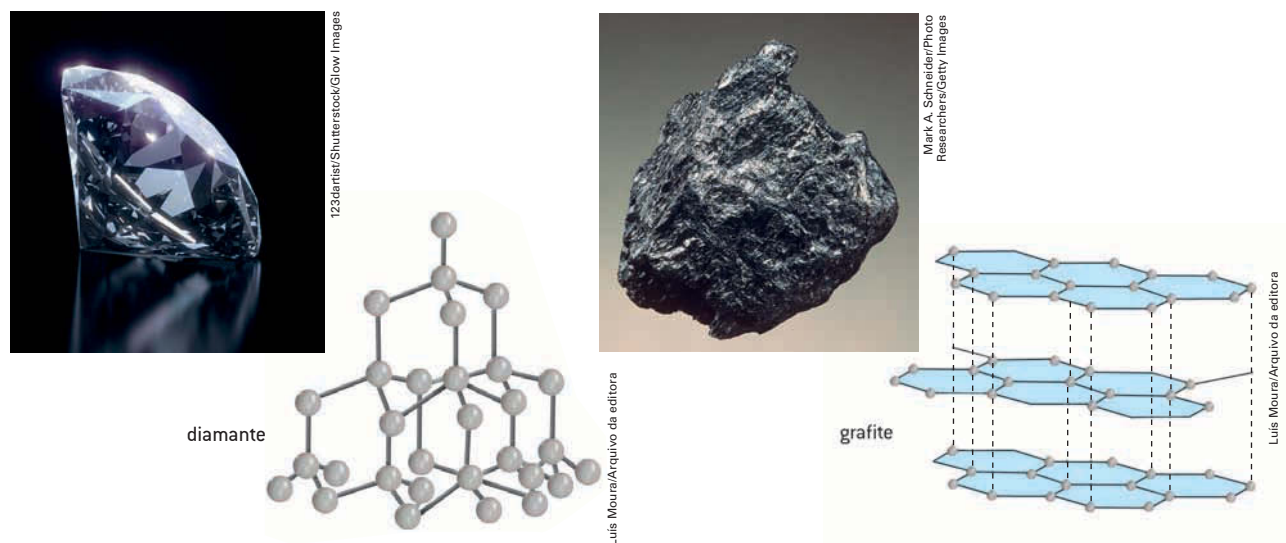



Figura 9.13
Modelo de estruturas do diamante e da grafite.

Uma grande parte das rochas e minerais é constituída por sólidos covalentes. Essas rochas e minerais, a exemplo da grafite e do diamante, têm altas temperaturas de fusão e ebulição e são insolúveis em solventes polares e apolares. Esse último fato sugere que os solventes não formam interações com os átomos que compensem energeticamente o rompimento das fortes ligações covalentes entre os átomos constituintes dessas substâncias.

Essas substâncias são, normalmente, duras e quebradiças e não conduzem corrente elétrica. A grafite é uma exceção. O exame de sua estrutura nos ajuda a entender esse comportamento. No diamante, todas as ligações entre os átomos são iguais e têm uma direção definida, resultando num retículo cristalino. Já a grafite apresenta dois tipos diferentes de ligações covalentes. Formando os planos de átomos, temos uma ligação semelhante à encontrada no diamante e em outros sólidos covalentes. Entre os planos temos uma interação fraca e nos planos os elétrons têm liberdade para se movimentar. Esse modelo explica a condutividade elétrica da grafite e o fato de ela ser mais mole que o diamante; afinal, as camadas podem deslizar umas sobre as outras e se soltar facilmente. É por isso que usamos a grafite para escrever.

texto 3

Ligações químicas: as ligações iônicas

Vamos considerar agora ligações entre átomos de sódio e de cloro para formar cloreto de sódio (NaCl). Podemos prever que a nuvem eletrônica não estará uniformemente distribuída entre os dois núcleos, pois os átomos têm eletronegatividades diferentes.

Seria essa uma ligação covalente polar?

Nesse caso, temos uma situação extrema, em que a diferença de eletronegatividade entre os dois átomos é tão grande que podemos imaginar que os elétrons da ligação se aproximam tanto do átomo mais eletronegativo (cloro) que passam a fazer, praticamente, parte dele.

Ocorre, dessa maneira, a formação de íons: o ânion cloreto, Cl^-, e o cátion sódio, Na^+. Por terem cargas opostas, existe uma força de atração, de natureza eletrostática, entre esses íons. Essa interação é chamada de **ligação iônica**.

Como a ligação iônica é baseada em atração eletrostática, um cátion Na^+ deverá interagir com os ânions Cl^- que estiverem à sua volta e vice-versa. No caso do NaCl, cada cátion e ânion interage com outros seis à sua volta. Um sólido iônico é, portanto, constituído por retículos cristalinos resultantes dessas interações.

Figura 9.14
Modelo do retículo cristalino no NaCl.

Desse modo, os compostos iônicos não são formados por moléculas individuais, como acontece nos compostos formados por ligação covalente. Quando escrevemos NaCl para designar o cloreto de sódio, estamos apenas indicando que, nos cristais desse composto, a relação sódio : cloro é de 1 : 1. Essa notação não indica a existência de moléculas individuais de NaCl.

Não existe uma fronteira rígida que permita dizer quando uma ligação é iônica ou covalente polar. Para muitos compostos formados por ligação covalente, o correto é falar em uma porcentagem de caráter iônico, já que em muitas situações esse caráter se manifesta. É o caso, por exemplo, do HCl, que, quando puro, apresenta-se sob a forma de um gás constituído por moléculas, mas em solução aquosa apresenta-se na forma de íons. Na maioria dos sólidos iônicos, também não temos uma ligação 100% iônica.

Uma regra pode ser usada para prever se a ligação formada entre dois átomos é iônica ou covalente. Para aplicar a regra, verifica-se se a ligação se dá entre um metal e um não metal ou entre dois não metais.

No primeiro caso (metal-não metal), geralmente teremos uma ligação iônica, com o metal formando o cátion e o não metal formando o ânion; no segundo caso (não metal-não metal), teremos uma ligação covalente. Como a maioria das regras em Química, esta também tem exceções, mas funciona na maioria dos casos.

Propriedades dos compostos iônicos

As propriedades dos compostos iônicos refletem as características associadas ao modelo de um arranjo tridimensional de partículas carregadas.

As substâncias iônicas têm, normalmente, temperaturas de fusão e ebulição elevadas. Dessa maneira, a maioria delas é sólida a temperatura e pressão ambientes. Várias são solúveis em água (solvente polar), mas essa não é uma característica universal dos sólidos iônicos, pois vários são insolúveis ou pouco solúveis em água. Por exemplo, vários carbonatos, entre eles o carbonato de cálcio, $CaCO_3$. Os sólidos iônicos são insolúveis em solventes orgânicos (apolares), como aguarrás e benzeno (C_6H_6). Não conduzem corrente elétrica no estado sólido, mas o fazem em solução aquosa ou quando fundidos.

Todas essas propriedades estão relacionadas à alta energia requerida para deslocar os íons de suas posições muito estáveis no retículo cristalino e a mobilidade que os íons (partículas carregadas) adquirem em solução ou no estado líquido. A força de uma ligação iônica depende da carga dos íons. O cloreto de sódio (NaCl), em que os íons têm carga +1 e –1, funde-se a 801 ºC, enquanto o óxido de magnésio, MgO, em que os íons têm carga +2 (Mg^{2+}) e –2 (O^{2-}), funde-se a 2 852 ºC. Isso pode ser explicado pelo fato de que, quanto maior a carga, maior será a atração eletrostática entre os íons. No capítulo 6 discutimos o modelo de Rutherford para o átomo e vimos que a força resultante da interação entre partículas carregadas é diretamente proporcional às cargas envolvidas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre as partículas carregadas, ou seja:

$$F \propto \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

A solubilidade em água é favorecida quando a energia gasta na quebra do retículo é compensada pela energia liberada na solvatação dos íons pelas moléculas de água, de modo que o sistema final (íons solvatados pela água) tem energia apenas ligeiramente diferente do sistema inicial (retículo cristalino). Esse processo de solvatação está ilustrado na figura 9.15. Nos casos em que a energia de solvatação é muito pequena, não ocorre a dissolução, o que explica por que muitos compostos iônicos são insolúveis em água.

Figura 9.15
Modelo para a solvatação dos íons de um sólido iônico.

A não condutividade no estado sólido explica-se pelo fato de os íons estarem presos em posições relativamente fixas no retículo cristalino, não apresentando mobilidade. Desde que o arranjo ordenado do estado sólido tenha sido destruído, pela fusão ou dissolução do composto, os íons podem se mover livremente. Os íons carregados em movimento passam a ser responsáveis pela condutividade das substâncias iônicas fundidas ou em solução.

A maioria das argilas tem uma composição bastante complexa que inclui sólidos covalentes ou sólidos iônicos, ou ainda uma mistura desses dois tipos. Elas são usadas na fabricação de peças de cerâmica, como vasos, panelas, telhas, tijolos refratários para a construção de fornos, etc. A composição das cerâmicas é bastante variada e inclui silicatos (SiO_2 combinado com óxidos metálicos), óxidos (combinação de oxigênio e metais), carbetos (por exemplo, SiC), nitretos (combinação de nitrogênio e metais) e aluminatos (combinação de alumina, Al_2O_3, com óxidos metálicos). As cerâmicas são normalmente muito duras e quebradiças e resistem a altas temperaturas, à corrosão e ao desgaste provocado por condições climáticas adversas. Como a densidade das cerâmicas é muito mais baixa que a dos metais, elas têm sido usadas na construção de peças de aeronaves e de motores de carros de corrida, em substituição aos metais, pois as peças de cerâmica pesam menos da metade das peças de metal correspondentes.

Questões

Q32. Com base na propriedade dos sólidos iônicos e covalentes e nos modelos de ligação química correspondentes, explique algumas das propriedades das cerâmicas.

Rubens Chaves/Arquivo da editora

Figura 9.16
As cerâmicas são usadas na fabricação de diversos objetos

Q33. Fluoreto de cálcio (CaF_2) e fluoreto de potássio (KF) são sólidos iônicos. O fluoreto de cálcio é formado por íons Ca^{2+} e F^- e o fluoreto de potássio, por íons K^+ e F^-. A temperatura de fusão do fluoreto de cálcio (1 360 ºC) é, no entanto, bem maior que a temperatura de fusão do fluoreto de potássio (846 ºC). Como você explica essa diferença?

Q34. Com base nos modelos de ligação química, explique por que não é possível fundir sal de cozinha, que é constituído principalmente por cloreto de sódio, na chama de um fogão a gás.

Q35. Explique por que o nitrato de potássio é solúvel em água, enquanto o iodeto de chumbo é insolúvel, apesar de ambos serem substâncias iônicas.

texto 4

Ligações químicas: a ligação metálica

Cerca de 3/4 dos elementos do sistema periódico são classificados como metais. Podem ser encontrados dois tipos de materiais metálicos: aqueles que são formados por átomos de um mesmo elemento químico (por exemplo, o ouro) e aqueles formados por mais de um elemento. Neste último caso, o material recebe o nome de liga metálica (por exemplo, o latão, que é uma liga de cobre e zinco).

Vimos que a ligação covalente é proveniente da atração que os núcleos dos átomos exercem sobre o par de elétrons da ligação. Nos metais, os átomos são unidos não aos pares, mas pela atração mútua entre um grande número de núcleos e um grande número de elétrons.

Tomemos como exemplo um cristal de lítio metálico. Na sua rede cristalina, cada átomo de lítio encontra-se rodeado por oito vizinhos mais próximos. Esse átomo, entretanto, possui apenas um elétron no último nível. Os elétrons do último nível são responsáveis pela formação das ligações químicas, os chamados elétrons de valência.

Assim, com apenas um elétron de valência, não é possível ao átomo de lítio formar ligações por meio de pares eletrônicos com os oito átomos vizinhos. Por outro lado, a camada de valência do lítio, com apenas um elétron, está bastante vazia, de modo que o elétron de valência de um determinado átomo de lítio tem ao seu redor oito núcleos e uma completa liberdade para mover-se nas camadas de valência de todos esses átomos. Para qualquer lugar que o elétron se mova, encontra-se sempre entre dois núcleos positivos. Sob essa circunstância, não é surpreendente que um elétron possa se mover facilmente de um lugar para outro. Cada elétron de valência está virtualmente livre para percorrer o cristal.

Essas considerações levaram os químicos a propor, para um metal, um modelo de íons positivos, distribuídos na rede cristalina, imersos num "gás" de elétrons, que não se encontram firmemente ligados a nenhum núcleo (figura 9.17).

Figura 9.17
Modelo para a ligação metálica: íons positivos imersos num "gás" de elétrons.

A ideia de um "gás" de elétrons mais ou menos uniforme resulta em uma diferença importante entre ligação metálica e ligação covalente. Nas ligações covalentes, os elétrons estão localizados de maneira a fixar a posição dos átomos. Dizemos que as ligações possuem caráter direcional – os elétrons tendem a permanecer concentrados em determinadas regiões do espaço. Ao contrário, os elétrons de valência num metal estão dispersos quase uniformemente por meio do cristal, de modo que a ligação metálica não exerce a mesma influência direcional da ligação covalente.

As propriedades das substâncias metálicas

Mircea Bezergheanu/Shutterstock/Glow Images

Design 56/Shutterstock/Glow Images

Figura 9.18
Os metais podem ser facilmente transformados em lâminas, fios e tubos, possibilitando o uso em diversas áreas.

O modelo proposto para a ligação metálica nos ajuda a compreender várias propriedades apresentadas pelas substâncias metálicas. As ligações metálicas são caracterizadas pelo fato de que têm a mesma intensidade qualquer que seja a direção; sendo assim, não é surpreendente que muitos metais possam ser facilmente deformados sem que se destrua sua estrutura cristalina. Sob a influência de uma tensão, uma pancada, por exemplo, um plano de átomos pode deslizar sobre outro. Apesar disso, os elétrons ainda mantêm as ligações entre os planos. Isso explica as propriedades de maleabilidade e ductibilidade dos metais.

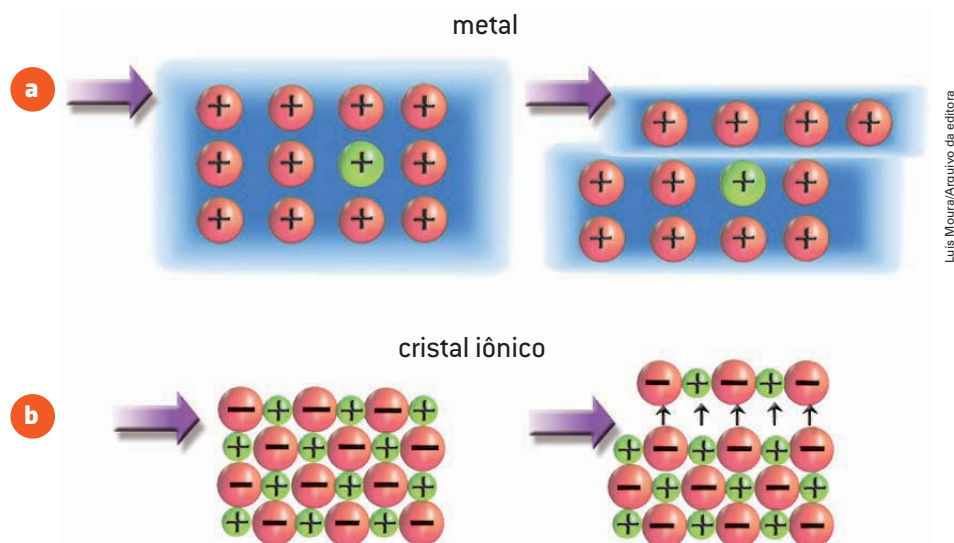



Figura 9.19
a) Deslocamento forçado dos átomos num metal.
b) Deslocamento num cristal iônico.

Os metais conduzem bem a eletricidade e o calor porque seus elétrons de valência estão livres para se mover no sólido. O aquecimento de uma ponta de um fio de cobre, por exemplo, aumenta a energia dos elétrons daquela região do fio. Como os elétrons têm liberdade de movimento, vão transmitindo essa perturbação para outros elétrons do metal, até que todo o metal fique aquecido. Além disso, o aquecimento do me-

tal aumenta a vibração dos átomos e essa vibração também é transmitida na forma de onda. A condutividade elétrica é explicada de maneira semelhante. O comportamento ondulatório dos elétrons e a existência de uma banda de condução nos metais fazem com que a energia elétrica, que pode ser interpretada como uma onda eletromagnética, seja transmitida ao longo, por exemplo, de um fio metálico.

As temperaturas de fusão dos metais variam desde valores baixos (o mercúrio é um metal líquido à temperatura ambiente) até valores muito altos (o tungstênio tem temperatura de fusão de aproximadamente 3 680 °C, sendo, por isso, usado na fabricação de materiais que devem resistir a altas temperaturas, como filamentos de lâmpadas e ferramentas de corte). Os metais não são solúveis em solventes polares ou apolares, mas podem reagir com ácidos fortes, como os ácidos clorídrico, sulfúrico e nítrico.

O arranjo cristalino dos metais é, em geral, bastante compacto. Isso explica por que os metais, geralmente, são muito densos quando comparados às substâncias moleculares, iônicas e covalentes. Como a densidade depende também da massa do átomo, os metais constituídos por átomos mais leves são bem menos densos que aqueles constituídos por átomos pesados. A densidade do alumínio (massa atômica = 27 u), a 20 °C, por exemplo, é 2,7 g · cm^{-3}. Já a densidade da platina (massa atômica = 195 u), à mesma temperatura, é 21,5 g · cm^{-3}.

Ricardo Teles/Pulsar Imagens

Figura 9.20
Metais são bons condutores de eletricidade, sendo, por isso, usados na fabricação de fios.

Charles D. Winters/Photo Researchers/Latinstock

Figura 9.21
O mercúrio é um metal líquido à temperatura ambiente.

Questões

No início do curso, você comparou as vantagens e desvantagens de usar panelas feitas de metal e de material cerâmico (panela de barro). Lembre-se de que a cerâmica é, normalmente, uma combinação de sólidos covalentes e iônicos.

Q36. Com base nos modelos apropriados de ligação química, responda:

a) Por que as panelas de barro demoram mais tempo a cozinhar os alimentos, mas os conservam quentes por mais tempo?

b) Por que as panelas de alumínio cozinham os alimentos mais rapidamente, mas não os conservam quentes por muito tempo?

Q37. Sabendo que o vidro é um tipo de material cerâmico, qual é o melhor copo para manter a bebida gelada por mais tempo num dia de muito sol e calor: o copo de vidro ou o copo de alumínio? Justifique usando os modelos apropriados de ligação química.

texto 5

Água = H_2O?

Peter Gudella/Shutterstock/Glow Images

Figura 9.22
O que significa dizer que a fórmula da água é H_2O?

Às vezes, temos a sensação de nos apropriarmos da essência da água quando a representamos por duas simples letras e um número.

A água, como solvente universal, fomentou a vida no planeta. É a única substância que, nas condições físico-químicas da Terra, apresenta-se nos três estados da matéria. O gelo tem uma propriedade notável de ser um sólido menos denso que a água líquida. A maioria dos sólidos afunda nos seus líquidos. O gelo flutua na água, e isso é fundamental para a vida no planeta, pois nas regiões frias os rios, lagos e mares se congelam apenas na superfície, preservando a vida.

Evidentemente, a água é muito mais que um simples solvente universal. Quando matamos nossa sede ou nos banhamos nas águas límpidas de um riacho, "ela representa a soma dos olhos de toda a humanidade, porque no seu circular contínuo pelo ambiente já viveu a experiência de todas as lágrimas, desceu por todas as gargantas, visitou geleiras, montanhas, rios e oceanos e vem transitando pelos nossos corpos desde a aurora do planeta" (TRANCOSO, Alfeu. Reflexões no cipó. *Estado de Minas*, 18 nov. 1994).

Vale a pena discutir, do ponto de vista científico, o significado de atribuirmos uma fórmula simples a uma substância tão importante como a água. Quando Lavoisier, em 1783, anunciou à Academia de Ciências de Paris que a água era composta por hidrogênio e oxigênio, estava propondo uma nova maneira de definir um elemento químico completamente diferente da visão aristotélica: um elemento poderia ser definido experimentalmente como qualquer substância que não pudesse ser decomposta por métodos químicos. Quando John Dalton propôs sua teoria atômica em 1803, sugeriu a interpretação de que cada elemento fosse constituído por uma única espécie de átomos. Em uma reação química, os átomos de diferentes elementos poderiam se combinar para formar moléculas (chamadas por Dalton de átomos compostos), que seriam a menor unidade da substância composta. Para Dalton, um átomo de hidrogênio combinava-se com um átomo de oxigênio para formar a molécula de água – que teria a fórmula HO. Gay-Lussac, seguindo os trabalhos de Cavendish e Priestley, verificou que dois volumes de hidrogênio se combinam com um volume de oxigênio para formar a água. Logo após a publicação desses resultados por Gay-Lussac, em 1808, Berzelius sugeriu a fórmula H_2O para a água.

A ideia de fórmula química surgiu, portanto, como uma forma de expressar as quantidades das substâncias elementares que entram numa combinação.

A partir da segunda metade do século XIX, os químicos começaram a usar as fórmulas como uma representação espacial da molécula que poderia explicar várias propriedades das substâncias. As fórmulas químicas passavam a representar não só as quantidades que se combinavam mas também o retrato da realidade molecular, permitindo antever como os átomos que constituíam a molécula estavam distribuídos no espaço e de que forma se ligavam uns aos outros. É interessante observar que, durante a segunda metade do século XIX, o esforço criativo de químicos como Kekulé, Le Bell, Van't Hoff, etc., permitiu que se passasse a "enxergar" essa realidade molecular, a despeito do fato de não haver nenhuma evidência direta de que ela realmente existisse. A imaginação criativa dos químicos de então permitia que eles deduzissem essas fórmulas a partir do estudo das propriedades das substâncias. O fato de Kekulé, por exemplo, ter sido um arquiteto pode ser mais que uma feliz coincidência. Assim como os arquitetos constroem suas casas na imaginação e no papel antes que elas tomem forma na realidade, os químicos dessa época foram capazes de prever estruturas químicas que só se tornaram observáveis muitos anos mais tarde.

A teoria quântica, aplicada à Química a partir dos anos 1930, introduz um significado mais preciso à ideia de valência que tinha sido usada para explicar o poder de combinação dos elementos. O átomo é representado como sendo constituído por duas regiões de cargas diferentes: o núcleo e a eletrosfera. A ligação química passa a representar uma interação de natureza eletromagnética que ocorre entre os núcleos (carregados positivamente) e as eletrosferas (carregadas negativamente) de átomos vizinhos. O traço com que ligamos os átomos de hidrogênio e oxigênio na fórmula estrutural da água representa, na verdade, uma região do espaço ocupada por elétrons que estão sendo atraídos pelos dois núcleos vizinhos (o do oxigênio e o do hidrogênio). Ele não tem a realidade física de um elo material, apenas representa uma interação ou força elétrica que tem uma direção preferencial. Uma outra forma de representar essa ligação seria por meio de uma nuvem eletrônica. Compare as duas representações na figura 9.23. O fato de a primeira representação ser mais usual está ligado à sua simplicidade. Do ponto de vista de uma maior aproximação da realidade física da ligação química, no entanto, a segunda representação é mais conveniente.

a

b

Figura 9.23
a) Representação mais usual da molécula de água.
b) Representação para a molécula de água usando orbitais.

Uma das propriedades fundamentais da água é o fato de que ela é um solvente muito melhor do que a maioria dos líquidos comuns. Essa propriedade está relacionada à polaridade da molécula de água, que pode ser explicada pela existência de um ângulo de 104,5º entre as ligações O–H. Como os átomos de oxigênio atraem os elétrons da ligação mais intensamente, aparece uma carga parcial positiva nos átomos de hidrogênio e uma carga parcial negativa no átomo de oxigênio. Se a molécula de água fosse linear – com um ângulo de 180º entre as ligações O–H –, a polaridade de uma ligação anularia a da outra, e a molécula seria apolar. É o que acontece, por exemplo, no gás carbônico, CO_2.

Sendo polar, as moléculas de água podem solvatar íons e outras moléculas polares. No processo de solvatação, íons positivos e negativos fi-

cam envoltos por moléculas de água, orientadas de maneira diferente em cada caso (veja a figura 9.24). Os íons positivos são envolvidos pela região negativa da molécula de água, próxima ao átomo de oxigênio. Já os íons negativos são envolvidos pela região positiva da molécula de água, próxima aos átomos de hidrogênio.

Figura 9.24
Modelo do processo de solvatação.

Como já estudamos, os átomos de oxigênio de uma molécula podem atrair os átomos de hidrogênio da molécula vizinha, formando ligações de hidrogênio. Na figura 9.23 (b), os orbitais vazados comportam dois pares de elétrons não ligantes do átomo de oxigênio, que podem formar as ligações com o hidrogênio, que está parcialmente positivo. Cada molécula de água pode, dessa forma, acomodar um número máximo de quatro ligações de hidrogênio: duas por meio dos orbitais do oxigênio e duas dos hidrogênios que vão acomodar duas outras moléculas de água. A figura 9.25 mostra como esse arranjo ocorre no gelo.

A existência desse tipo de ligação explica várias propriedades importantes da água, como o fato de que seja líquida à temperatura ambiente. Moléculas maiores que a água – como CO_2 e NH_3 (amônia) – são gasosas. A forte atração existente entre as moléculas de água, por meio das ligações de hidrogênio, explica essa propriedade incomum. Por outro lado, a notável propriedade de o gelo ser menos denso que a água líquida está relacionada ao fato de cada molécula de água formar o número máximo de quatro ligações de hidrogênio com suas vizinhas no estado sólido. No estado líquido, cada molécula, em média, pode formar 3,4 ligações de hidrogênio com suas vizinhas. Esse número fracionário se explica pelo constante deslocamento das moléculas no líquido, que quebra e forma, rapidamente, ligações de hidrogênio. Embora em qualquer instante a maioria das moléculas na água líquida esteja formando ligações de hidrogênio, a vida média de cada uma dessas ligações é da ordem de 10^{-9} s. Isso explica por que a água líquida não é viscosa. Se as ligações de hidrogênio persistissem por um tempo maior, a água tenderia a tornar-se viscosa, o que acontece, por exemplo, com a glicerina, que também forma ligações de hidrogênio entre suas moléculas.

No estado sólido, cada molécula de água passará a acomodar, no máximo, quatro ligações de hidrogênio. Como as moléculas no estado sólido geralmente não se deslocam mas apenas vibram em torno de suas posições no retículo cristalino, essas ligações de hidrogênio são duráveis. Para acomodar esse grande número de ligações, as moléculas acomodam-se em arranjos hexagonais, sobrando grandes espaços vazios no interior desses hexágonos. Isso faz com que o arranjo ocupe um volume maior, o que explica a menor densidade do gelo. Quando o gelo se funde, esses vazios desaparecem e as moléculas de água podem ficar mais próximas umas das outras, o que faz com que o volume ocupado por elas diminua, aumentando a densidade.

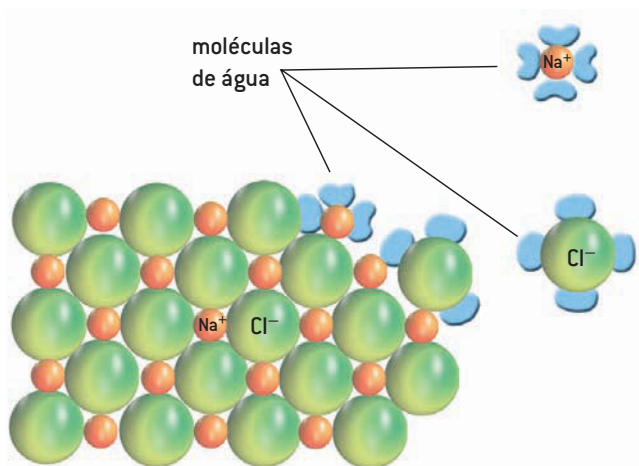
Por todas essas considerações, é problemático pensar na existência de moléculas individuais na água sólida e na água líquida. Essas moléculas

estão constantemente ligando-se a outras, formando grupos de moléculas. Portanto, a fórmula H_2O parece ser apropriada apenas para a água no estado gasoso a baixas pressões e altas temperaturas, em que praticamente não ocorre a formação de ligações de hidrogênio e as moléculas existem individualmente. A água gasosa, sendo constituída por moléculas individuais ou agrupadas em pequeno número, não é visível e não deve ser confundida com o vapor que vemos saindo de uma chaleira com água fervente. A "fumaça" visível é água líquida que se condensou em pequenas gotículas que permanecem em suspensão no ar. As gotículas têm dimensões visíveis, o que não ocorre com as moléculas, que são invisíveis a olho nu.

Figura 9.24
Modelo do arranjo cristalino das moléculas de água no gelo.

Mesmo com a ideia de que a água gasosa seja formada por moléculas individuais, não podemos deixar de considerar que essas moléculas são dinâmicas e podem trocar átomos entre si. A ideia da existência de moléculas individuais no estado gasoso tem de ser compatibilizada com a observação experimental de que, ao se misturarem, na fase gasosa, 50% de água comum (H_2O) e 50% de água pesada (D_2O – em que D representa o símbolo do deutério, um isótopo mais pesado do hidrogênio), obtém-se, depois de certo tempo, uma grande quantidade de moléculas de água com a fórmula HDO. As moléculas de água interagem dinamicamente no estado gasoso.

Todas essas considerações nos levam a concluir que a fórmula química da água – H_2O – é um importante instrumento para explicar várias de suas propriedades, inclusive aquelas mais notáveis e incomuns. A fórmula, no entanto, nada mais é que uma representação da substância. Como tal, devemos usá-la, apropriando-nos das informações que ela pode nos fornecer, mas tomando o cuidado de não confundi-la com a realidade da substância água, muito mais complexa e profunda do que aquilo que duas letras do alfabeto e um número permitem antever.

na internet

<www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/diaadia/diadia/modules/mydownloads_08/viewcat.php?cid=14&orderby=ratingD>

Página do Portal Educacional do Estado do Paraná. Nela você vai encontrar um simulador que apresenta as interações de vários líquidos, como água, acetona, ciclo-hexano e tetracloreto de carbono com barra de plástico, vara de vidro ou barra de ferro. Acesso em: 14 ago. 2012.

<www.pontociencia.org.br>

Na página do Projeto Ponto Ciência você vai encontrar várias sugestões de experimentos que envolvem ligações químicas e interações intermoleculares. Acesso em: 14 ago. 2012.

<http://qnesc.sbq.org.br>

Página da revista *Química Nova na Escola* (QNEsc), publicada pela Sociedade Brasileira de Química (SBQ). Os artigos estão disponíveis na íntegra e de forma totalmente gratuita. Estão disponíveis também os Cadernos Temáticos publicados desde 2001. Acesso em: 14 ago. 2012.

Questões de exames

Todas as questões devem ser respondidas em seu caderno. Não escreva no livro.

Q38. (UFMG) Foram apresentadas a um estudante as fórmulas de quatro pares de substâncias. Pediu-se a ele que, considerando os modelos de ligações químicas e de interações intermoleculares apropriados a cada caso, indicasse, em cada par, a substância que tivesse a temperatura de fusão mais baixa. O estudante propôs o seguinte:

Pares de substâncias	Substâncias de temperatura de fusão mais baixa
CH_4, CH_3OH	CH_4
NaCl, HCl	NaCl
SiO_2, H_2O	SiO_2
I_2, Fe	I_2

Quadro 9.10 Questão Q38.

A alternativa que apresenta o número de previsões **corretas** feitas pelo estudante é:

a) 0. b) 1. c) 2. d) 3.

Q39. (UFMG) A curva do gráfico a seguir mostra a variação da energia potencial $\mathcal{E}p$ em função da distância entre os átomos, durante a formação da molécula H_2 a partir de dois átomos de hidrogênio, inicialmente a uma distância infinita um do outro.

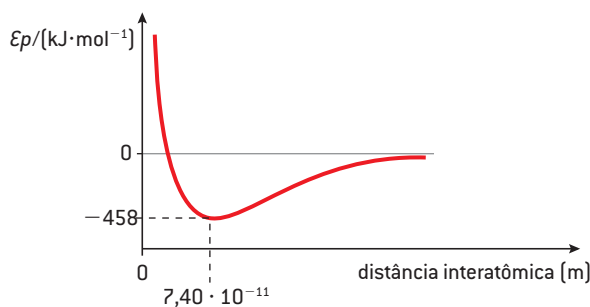



Figura 9.26 Questão Q39.

Em relação às informações obtidas da análise do gráfico, indique a afirmativa **falsa**.

a) A energia potencial diminui na formação da ligação química.

b) A quebra da ligação H—H consome 458 kJ/mol.

c) O comprimento de ligação da molécula H_2 é de $7{,}40 \times 10^{-11}$ m.

d) Os átomos separados por uma distância infinita se atraem mutuamente.

Q40. (UFMG) O etanol (álcool etílico, CH_3CH_2OH) é um líquido menos denso do que a água. Ele é usado na limpeza doméstica porque dissolve gorduras, é solúvel em água e mais volátil do que ela. O quadro a seguir apresenta cada uma dessas propriedades relacionadas a uma explicação com base nos modelos de interações intermoleculares. Indique a alternativa que contém uma explicação inadequada para a propriedade relacionada.

Propriedade do etanol	Explicação
a) Dissolver gorduras.	A molécula do etanol tem uma parte pouco polar.
b) Ser mais volátil do que a água.	As interações intermoleculares são mais fracas no etanol do que na água.
c) Ser menos denso do que a água.	A massa molar do etanol é maior do que a da água.
d) Ser solúvel em água.	A molécula de etanol forma ligações de hidrogênio com a molécula de água.

Quadro 9.11 Questão Q40.

Q41. (UFMG) Existem algumas propriedades que são adequadas para caracterizar os sólidos iônicos, uma vez que a grande maioria desses sólidos apresenta essas propriedades. Outras propriedades não são adequadas para esse fim, pois podem existir sólidos iônicos que **não** apresentem essas outras propriedades. Considere o conjunto dos sólidos iônicos. Entre as propriedades relacionadas, indique a que **não** será exibida por um grande número de sólidos.

a) Apresentar altas temperaturas de fusão.

b) Conduzir corrente elétrica quando fundido.

c) Ser isolante térmico e elétrico em estado sólido.

d) Ser solúvel em água.

Q42. (UFMG) Um material sólido tem as seguintes características:

- não apresenta brilho metálico;
- é solúvel em água;
- não se funde quando aquecido a 500 °C;
- não conduz corrente elétrica no estado sólido;
- conduz corrente elétrica em solução aquosa.

Com base nos modelos de ligação química, pode-se concluir que, provavelmente, trata-se de um sólido:

a) iônico.

b) covalente.

c) molecular.

d) metálico.

Q43. (UFMG) A figura representa uma seção plana de um cristal iônico, como Na^+Cl^- (s) ou $Ca^{2+}O^{2-}$ (s). Os íons foram numerados para facilitar a sua identificação.

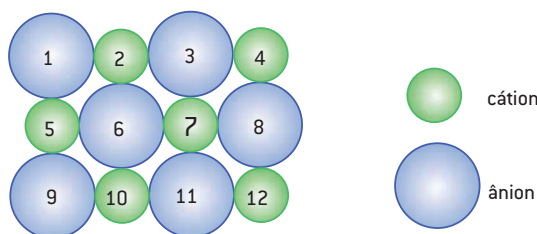



Figura 9.27 Questão Q43.

Considerando o modelo de ligação para compostos iônicos e os íons representados, é **correto** afirmar que:

a) o ânion 6 apresenta ligações iônicas de mesma força com os cátions 2, 5, 7 e 10.

b) o par de íons 2-6, no caso do cristal de $Ca^{2+}O^{2-}$, está ligado por duas ligações iônicas.

c) o ânion 1 não apresenta interação eletrostática com o cátion 7.

d) o par de íons 1-5 está ligado ao par de íons 2-6 por uma interação entre dipolos permanentes.

Q44. (UFMG) A estrutura primária das proteínas é formada pela polimerização de sequências definidas de aminoácidos, conforme representado pela equação:

$$n\,NH_2-\underset{H}{\overset{H}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-C\overset{\nearrow O}{\searrow OH} \longrightarrow H\left[NH-\underset{H}{\overset{R}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}\right]_n OH + (n-1)\,H_2O$$

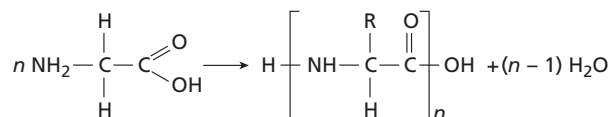



Figura 9.28 Questão Q44.

Essa estrutura primária é mantida unida por:

a) ligações de hidrogênio.

b) ligações iônicas.

c) ligações covalentes.

d) ligações de Van der Waals.

Q45. (UFSCar-SP) Apresentam somente ligações covalentes:

a) NaCl e H_2SO_4.

b) Mn_2O_3 e MgH_2.

c) HCl e Cl_2O_3.

d) KNO_3 e LiF.

e) LiOH e CsI.

Q46. (UFPB) Considere as moléculas NH_3 e BH_3.

a) Escreva suas estruturas eletrônicas.

b) Com base nessas estruturas, explique por que entre moléculas de amônia há a formação de ligação de hidrogênio e entre moléculas de hidreto de boro não há essa formação.

Q47. (UFMG) O cloreto de sódio, NaCl, é um sólido iônico que apresenta alta solubilidade em água. As figuras apresentam quatro modelos distintos para descrever a solvatação do NaCl pelas moléculas de água.

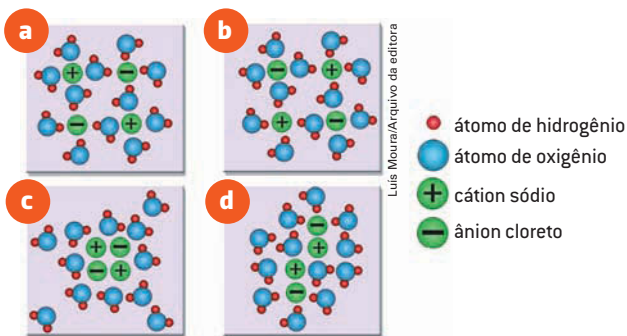



Figura 9.29 Questão Q47.

a) Indique se a molécula da água é polar ou apolar. Justifique sua resposta, considerando a polaridade das ligações O—H e a geometria molecular.

b) Indique qual dos modelos (*A*, *B*, *C* ou *D*) descreve melhor a solvatação do NaCl em uma solução aquosa diluída. Justifique sua resposta, considerando as interações entre as espécies em solução.

Q48. (UFMG) Considere cada uma das seguintes substâncias, todas no estado sólido: cloreto de sódio, diamante, iodo e sódio.

a) Cite o sólido que não conduz corrente elétrica, que se torna bom condutor quando fundido. Justifique o fato de a substância ser condutora no estado líquido.

b) Cite o sólido cujo cristal é mantido coeso, principalmente por interações de Van der Waals. Justifique sua resposta.

Q49. (Unicamp-SP) Considere as seguintes informações sobre os elementos químicos *X*, *Y* e *Z*:

Elemento	Família ou grupo	Período
X	do oxigênio	2
Y	14	2
Z	dos alcalinos	4

Quadro 9.12 Questão Q49.

a) Quais são os elementos *X*, *Y* e *Z*?

b) A combinação de dois desses elementos pode formar substâncias não iônicas e gasosas a temperatura e pressão ambientes. Escreva a fórmula de uma dessas substâncias.

c) Escreva a fórmula de uma substância iônica e sólida formada pela combinação dos três elementos.

Q50. (UFPB) Explique a diferença do ponto de ebulição (PE) dos compostos a seguir:

PE = 331 °C

PE = 284 °C

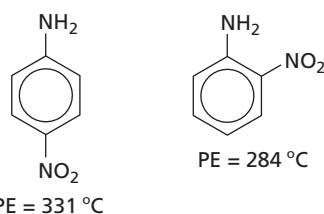



Figura 9.30 Questão Q50.

Q51. (UFMG) As propriedades exibidas por certo material podem ser explicadas pelo tipo de ligação química presente entre suas unidades formadoras. Em uma análise laboratorial, um químico identificou para certo material as seguintes propriedades:

- Alta temperatura de fusão e ebulição.
- Boa condutividade elétrica em solução aquosa.
- Mau condutor de eletricidade no estado sólido.

A partir das propriedades exibidas por esse material, indique a alternativa que indica o tipo de ligação predominante no mesmo.

a) metálica.
b) covalente.
c) dipolo induzido.
d) iônica.

Q52. (UEPB) Indique o item que apresenta **corretamente** a estrutura de Lewis e a geometria para as moléculas de gás carbônico e água, respectivamente.

a) O : : C : : O geometria linear; H :O: H geometria angular;
b) : C : : O : O geometria angular; H : O : H geometria linear;
c) O : : C : : O geometria linear; H : O : H geometria linear;
d) O : : C : : O geometria angular; H :O: H geometria linear;
e) O C O geometria angular; H :O: H geometria angular;

Figura 9.31 Questão Q52.

Q53. (UEPG-PR) Considere os elementos *X*, *Y* e *Z*, com as respectivas configurações eletrônicas de seus átomos:

$X = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2$

$Y = 1s^2\ 2s^2\ 2p^5$

$Z = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^4$

Com relação ao comportamento desses átomos na formação de ligações químicas, dê como resposta a soma das alternativas **corretas**.

(01) O elemento *X* apresenta maior eletroafinidade do que os elementos *Y* e *Z*.

(02) Os átomos dos elementos *Y* e *Z* apresentam tendência em formar ânions monovalentes e bivalentes, respectivamente.

(04) Os elementos *X* e *Y* formam um composto molecular de fórmula X_2Y.

(08) Os elementos *X* e *Z* formam entre si compostos de caráter iônico.

Q54. (Ufal) O principal componente de um sabão pode ser representado por:

$$R{-}COO^-Na^+$$

onde R é um hidrocarboneto de cadeia longa. A ação de "limpeza" de um sabão sobre as gorduras é devida:

a) à insolubilidade das gorduras no sabão em razão da sua alta massa molar.

b) ao baixo ponto de fusão das gorduras, que facilita sua reação com o sabão.

c) à alta polaridade do grupo carboxílico, que o torna solúvel em água, e à baixa polaridade da cadeia carbônica, que a torna solúvel nas gorduras.

d) à degradação das gorduras através da reação com os íons do sabão, formando substâncias solúveis em água.

e) à reação entre o grupo carboxílico do sabão e a gordura, formando um éster solúvel em água.

Q55. (UFMG) H_2S é gasoso e H_2O é líquido, nas Condições Normais de Temperatura e Pressão. Com relação a essa diferença de fase, pode-se afirmar **corretamente** que:

a) H_2S é gasoso porque seus átomos se separam mais facilmente.

b) H_2O é líquido porque suas moléculas são mais fortemente ligadas entre si.

c) H_2O é líquido porque as ligações O—H, em cada uma de suas moléculas, são mais fortes do que as S—H.

d) H_2O é líquido porque tem moléculas maiores do que as do H_2S.

e) H_2S é gasoso porque tem moléculas mais leves do que as de H_2O.

Q56. (UFJF-MG) Indique a alternativa que apresenta as substâncias que possuem ligação do tipo covalente, iônica e covalente, respectivamente.

a) ácido fluorídrico, gás oxigênio e dióxido de carbono.

b) cloreto de sódio, brometo de potássio e gás nitrogênio.

c) amônia, cloreto de cálcio e ozônio.

d) sulfato de magnésio, gás cloro e amônia.

e) ácido clorídrico, ácido bromídrico e carbonato de cálcio.

Q57. (Vunesp-SP) As moléculas de N_2 e de CO_2, presentes na atmosfera, apresentam momento dipolar resultante igual a zero. Em contato com a água, cujas moléculas apresentam momento dipolar resultante diferente de zero (solvente polar), uma fração considerável do CO_2 atmosférico passa para a fase aquosa, enquanto o N_2 permanece quase que totalmente na atmosfera. Desenhe a estrutura da molécula de CO_2 e explique, utilizando equações químicas, a passagem do CO_2 para a fase aquosa.

Q58. (UFRN) Os ácidos cítrico (estrutura 1) e ascórbico (estrutura 2), encontrados no limão, são nutrientes que podem proporcionar benefícios importantes ao organismo, como a estimulação do sistema imunológico.

estrutura 1

estrutura 2

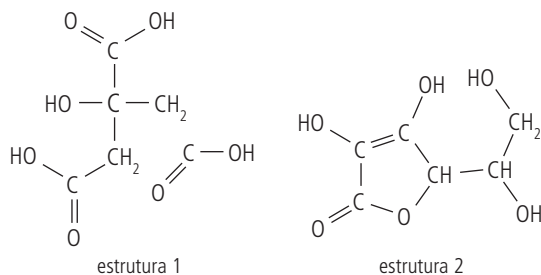



Figura 9.32 Questão Q58.

Em relação a essas duas substâncias, é **correto** afirmar:

a) Apenas o ácido ascórbico, cuja fórmula molecular é $C_6H_8O_6$, forma pontes de hidrogênio em solução aquosa.

b) Apenas o ácido cítrico, cuja fórmula molecular é $C_5H_8O_7$, forma pontes de hidrogênio em solução aquosa.

c) Ambas formam pontes de hidrogênio em solução aquosa, e suas fórmulas moleculares são, respectivamente, $C_6H_8O_7$ e $C_6H_8O_6$.

d) Nenhuma delas forma pontes de hidrogênio em solução aquosa, e suas fórmulas moleculares são, respectivamente, $C_6H_8O_6$ e $C_6H_8O_7$.

Q59. (Ufla-MG) Um elemento químico *E* apresenta distribuição eletrônica $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3p^2$. Sobre esse elemento, é **correto** afirmar que:

a) pode ligar-se com o oxigênio, formando um composto tipo *EO*.

b) não é um metal.

c) forma um composto covalente com o cloro.

d) com a perda de um elétron, origina um cátion monovalente estável.

Q60. (PUC-MG) Analise o gráfico, que apresenta as temperaturas de ebulição de compostos binários do hidrogênio com elementos do grupo 16 (coluna 6A), à pressão de 1 atm.

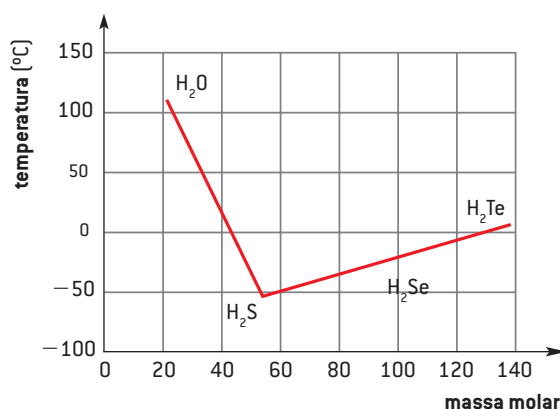



Figura 9.33 Questão Q60.

A partir das informações apresentadas, é **incorreto** afirmar que:

a) a substância mais volátil é o H_2S, pois apresenta a menor temperatura de ebulição.

b) a água apresenta maior temperatura de ebulição, pois apresenta ligações de hidrogênio.

c) todos os hidretos são gases à temperatura ambiente, exceto a água, que é líquida.

d) a 100 °C, a água ferve, rompendo as ligações covalentes antes das intermoleculares.

Q61. (PUC-MG) Analise o quadro, que mostra propriedades de três substâncias, *X*, *Y* e *Z*, em condições ambiente.

Substância	Temperatura de fusão (°C)	Condutibilidade elétrica	Solubilidade na água
X	146	nenhuma	solúvel
Y	1 600	elevada	insolúvel
Z	800	só fundido ou dissolvido na água	solúvel

Quadro 9.13 Questão Q61.

Considerando-se essas informações, é **correto** afirmar que as substâncias *X*, *Y* e *Z* são, respectivamente:

a) iônica, metálica, molecular.
b) molecular, iônica, metálica.
c) molecular, metálica, iônica.
d) iônica, molecular, metálica.

Q62. (UFV-MG) Quando átomos do elemento *A* ($Z = 12$) se combinam a átomos do elemento *B* ($Z = 17$), obtém-se um composto cuja fórmula e tipo de ligação são, respectivamente:

a) *AB* e ligação covalente.
b) A_2B e ligação iônica.
c) *AB* e ligação iônica.
d) AB_2 e ligação iônica.
e) AB_2 e ligação covalente.

Q63. (Uems) Considere as substâncias:

I. sulfeto de hidrogênio
II. acetato de sódio
III. argônio gasoso
IV. cloreto de potássio

Quais dessas substâncias apresentam ligações covalentes?

a) I e II.
b) I e III.
c) II e III.
d) II e IV.
e) III e IV.

Q64. (Fuvest-SP) Os desenhos são representações de moléculas em que se procura manter proporções corretas entre raios atômicos e distâncias internucleares. Os desenhos a seguir podem representar, respectivamente, moléculas de:

I

II

III

Avits/Arquivo da editora

Figura 9.34 Questão Q64.

a) oxigênio, água e metano.
b) cloreto de hidrogênio, amônia e água.
c) monóxido de carbono, dióxido de carbono e ozônio.
d) cloreto de hidrogênio, dióxido de carbono e amônia.
e) monóxido de carbono, oxigênio e ozônio.

Q65. (Unemat-MT) Os plásticos, medicamentos, alimentos, vacinas e vários outros produtos utilizados por nossa sociedade são constituídos por uniões entre átomos, que podem ser iguais ou não. Estes produtos podem ser sólidos, líquidos

ou gasosos; podem ser rígidos ou flexíveis; condutores ou não de corrente elétrica. Essas diversas características são determinadas pelos tipos de ligações entre os átomos, chamadas de ligações químicas interatômicas e também pelas configurações geométricas resultantes dessas ligações. Nesse contexto, indique a afirmativa **correta**:

a) Átomos do grupo IA (1) e átomos do grupo VIIA (17) ligam-se através de ligação covalente polar.
b) Substâncias que conduzem corrente elétrica no estado líquido, mas não no estado sólido, e que possuem pontos de ebulição elevados são constituídas por ligações entre metal e não metal.
c) Elementos que apresentam dois e seis elétrons na camada eletrônica de valência possuem tendência de ligarem-se covalentemente.
d) O gás cloro (Cl_2) é altamente tóxico pelo fato de ser formado através de ligações iônicas ou eletrovalentes.
e) As espécies químicas Fe e NH_3 são exemplos de substâncias formadas por ligações metálica e iônica, respectivamente.

Q66. (UFPE) Compostos covalentes possuem, em geral, propriedades muito diferentes de compostos iônicos. Considerando esses tipos de compostos, analise as afirmações seguintes:

1. São compostos de alto ponto de fusão.
2. São isolantes elétricos quando fundidos.
3. São compostos duros e quebradiços.

De forma genérica, podemos dizer que:

a) 1 e 2 se referem a compostos iônicos.
b) somente 1 se refere a compostos iônicos.
c) 1 e 3 se referem a compostos iônicos.
d) somente 3 se refere a compostos covalentes.
e) 2 e 3 se referem a compostos covalentes.

Q67. (UFF-RJ) Para o estudo das relações entre o tipo de ligação química e as propriedades físicas das substâncias *X* e *Y*, sólidas à temperatura ambiente, foi realizado um experimento que permitiu as seguintes constatações:

I. A substância *X*, no estado sólido, não conduz a corrente elétrica, porém, no estado líquido, a conduz.
II. A substância *Y* não conduz a corrente elétrica no estado sólido nem no estado líquido. Pode-se, então, concluir que:

a) as substâncias *X* e *Y* são covalentes.
b) as substâncias *X* e *Y* são iônicas.
c) a substância *X* é iônica e a substância *Y* é covalente.
d) a substância *X* é um metal.
e) a substância *Y* é um metal.

Q68. (UFTO) Numa aula de Química, para demonstrar a solubilidade do iodo, I_2, o professor realizou este experimento: dissolveu a mesma quantidade de iodo sólido em água, em clorofórmio, em dissulfeto de carbono e em tetracloreto de carbono. Considerando-se os resultados desse experimento e com base na teoria das ligações químicas, é **correto** afirmar que a **menor** solubilidade do iodo sólido observada ocorreu em:

a) água.
b) clorofórmio.
c) dissulfeto de carbono.
d) tetracloreto de carbono.

Q69. (Fatec-SP) Sólidos cristalinos com pontos de ebulição e fusão altos, solúveis em solventes polares e que conduzem corrente elétrica quando fundidos ou em solução, são exemplos de compostos formados por meio de ligação:

a) covalente polar.
b) covalente apolar.
c) covalente dativa.
d) iônica.
e) metálica.

Q70. (UFA-PA) O gás carbônico, quando congelado, é conhecido como gelo seco, muito utilizado nos carrinhos de sorvete e em efeitos especiais em cinema e televisão. Nessa condição, suas moléculas estão unidas por:

a) pontes de hidrogênio.
b) ligações covalentes.
c) forças de Van der Waals.
d) ligações dipolo-dipolo.
e) ligações iônicas.

Q71. (Vunesp-SP) Um elemento químico *A*, de número atômico 11, um elemento químico *B*, de número atômico 8, e um elemento químico *C*, de número atômico 1, combinam-se formando o composto *ABC*. As ligações entre *A* e *B* e entre *B* e *C*, no composto, são respectivamente:

a) covalente, covalente;
b) iônica, iônica;
c) iônica, covalente;
d) covalente, dativa;
e) metálica, iônica.

Q72. (FEI-SP) Um elemento *X*, pertencente à família (2A) da tabela periódica, forma ligação química com outro elemento *Y* da família (7A). Sabendo-se que *X* não é o berílio, qual a fórmula do composto formado e o tipo de ligação entre *X* e *Y*?

Q73. (UFMG) Um elemento químico *A* de número atômico 16, combina-se com um elemento *B*, de número atômico 17. A fórmula molecular do composto e o tipo da ligação são:

a) AB_2 – covalente.
b) A_2B – molecular.
c) AB_2 – eletrovalente ou iônica.
d) AB – eletrovalente ou iônica.
e) A_2B – eletrovalente ou iônica.

Q74. (UFU-MG) Na reação de um metal *A* com um elemento *B*, obteve-se uma substância de fórmula A_2B. O elemento *B* provavelmente é um:

a) Halogênio.
b) Metal de transição.
c) Metal nobre.
d) Gás raro.
e) Calcogênio.

Tabela periódica

- Os elementos de **números atômicos 113, 115, 117** e **118** não constam na tabela porque, apesar de relatados por pesquisadores, até junho de 2012 ainda não haviam sido referendados pela Iupac/Iupap.
- As **massas atômicas** relativas são listadas com arredondamento no último algarismo. As massas atômicas entre parênteses representam valores ainda não padronizados pela Iupac.
- Os valores de **eletronegatividade** estão na escala de Pauling. Nessa escala, a eletronegatividade do flúor, elemento mais eletronegativo, é 4,0. O valor para o frâncio, elemento menos eletronegativo, é 0,7.
- Os valores de **raio atômico** e **raio covalente** são dados em pm (picômetros): 1 pm = 10^{-12} m.
- Os valores de **temperatura de fusão e de ebulição** são dados em ºC (graus Celsius).
- Os valores de **densidade** para sólidos e líquidos são dados em g/cm^3 (gramas por centímetro cúbico) e, para gases, em g/L (gramas por litro).
- Os valores da 1ª **energia de ionização** são dados em kJ/mol (quilojoules por mol).
- Os **traços** indicam valores desconhecidos.
- As **cores nos símbolos** dos elementos indicam o estado físico a 25 ºC e a 1 atm de pressão: azul – estado líquido; roxo – estado gasoso; **preto** – estado sólido; cinza – estado físico desconhecido.
- A classificação dos elementos boro, silício, germânio, arsênio, antimônio, telúrio e polônio em **semimetais** ou **metaloides** não é reconhecida pela Iupac.
- **Observação**: As cores utilizadas nesta tabela não têm significado científico; são apenas recursos visuais pedagógicos.

Metais
Não metais
Gases nobres

* Leia-se carbono grafite
** **b** – fósforo branco / **v** – fósforo vermelho
*** Temperatura de sublimação

Nº atômico	Símbolo	Nome	Massa atômica	Eletronegatividade	Raio atômico	Raio covalente	Fusão	Ebulição	Densidade	1ª energia de ionização
1	H	hidrogênio	1,01	2,2	78	30	−259	−253	0,09	1311
2	He	hélio	4,00	—	128	—	—	−269	0,18	2376
3	Li	lítio	6,94	1,0	152	123	181	1342	0,53	520
4	Be	berílio	9,01	1,6	113,3	89	1287	2471	1,85	901
5	B	boro	10,81	2,0	83	88	2075	4000	2,34	800
6	C*	carbono	12,01	2,6	—	77	—	3825***	2,2	1085
7	N	nitrogênio	14,01	3,0	71	70	−210	−196	1,23	1404
8	O	oxigênio	16,00	3,4	—	66	−219	−183	1,40	1316
9	F	flúor	19,00	4,0	70,9	58	−220	−188	1,67	1684
10	Ne	neônio	20,18	—	—	—	−249	−246	0,89	2082
11	Na	sódio	22,99	0,9	153,7	—	98	883	0,97	494
12	Mg	magnésio	24,31	1,3	160	136	650	1090	1,74	737
13	Al	alumínio	26,98	1,6	143,1	125	660	2519	2,70	578
14	Si	silício	28,09	1,9	117	117	1414	3265	2,33	788
15	P	fósforo	30,97	2,2	9(b)/115(v)**	110	44	281	1,82(b)	1014
16	S	enxofre	32,07	2,6	104	104	115	445	2,07	1001
17	Cl	cloro	35,45	3,2	—	99	−102	−34	3,11	1253
18	Ar	argônio	39,95	—	174	—	−189	−186	1,75	1521
19	K	potássio	39,10	0,8	227	203	63	759	0,89	419
20	Ca	cálcio	40,08	1,0	197,3	174	842	1484	1,54	591
21	Sc	escândio	44,96	1,4	160,6	144	1541	2836	2,99	633
22	Ti	titânio	47,87	1,5	144,8	132	1668	3287	4,51	658
23	V	vanádio	50,94	1,6	132,1	—	1910	3407	6,0	649
24	Cr	crômio	52,00	1,7	124,9	—	1907	2671	7,15	654
25	Mn	manganês	54,94	1,6	124	117	1246	2061	7,3	716
26	Fe	ferro	55,85	1,8	124,1	116,5	1538	2861	7,87	763
27	Co	cobalto	58,93	1,9	125,3	116	1495	2927	8,86	763
28	Ni	níquel	58,69	1,9	124,6	115	1455	2913	8,90	737
29	Cu	cobre	63,55	1,9	127,8	117	1085	2562	8,96	746
30	Zn	zinco	65,38	1,7	133,2	125	420	907	7,14	905
31	Ga	gálio	69,72	1,8	122,1	125	30	2204	5,91	578
32	Ge	germânio	72,64	2,0	122,5	122	938	2833	5,32	763
33	As	arsênio	74,92	2,2	125	121	—	614***	5,75	947
34	Se	selênio	78,96	2,6	215,2	117	221	685	4,39	943
35	Br	bromo	79,90	3,0	—	114,2	−7	59	3,10	1140
36	Kr	criptônio	83,80	—	—	189	−157	−153	3,68	1353
37	Rb	rubídio	85,47	0,8	247,5	—	39	688	1,53	402
38	Sr	estrôncio	87,62	1,0	215,1	192	777	1382	2,64	549
39	Y	ítrio	88,91	1,2	181	162	1522	3345	4,47	599
40	Zr	zircônio	91,22	1,3	160	145	1855	4409	6,52	641
41	Nb	nióbio	92,91	1,6	142,9	134	2477	4744	8,57	654
42	Mo	molibdênio	95,96	2,2	136,2	129	2623	4639	10,2	683
43	Tc	tecnécio	(98)	2,1	135,8	—	2157	4265	11	704
44	Ru	rutênio	101,07	2,2	134	124	2334	4150	12,1	712
45	Rh	ródio	102,91	2,3	134,5	125	1964	3695	12,4	721
46	Pd	paládio	106,42	2,2	137,6	128	1555	2963	12,0	804
47	Ag	prata	107,87	1,9	144,4	134	962	2162	10,5	733
48	Cd	cádmio	112,41	1,7	148,9	141	321	767	8,69	867
49	In	índio	114,82	1,8	162,6	150	157	2072	7,31	557
50	Sn	estanho	118,71	2,0	140,5	140	232	2602	7,27	708
51	Sb	antimônio	121,76	2,1	182	141	631	1587	6,68	830
52	Te	telúrio	127,60	2,1	143,2	137	450	988	6,24	872
53	I	iodo	126,90	2,7	—	133,3	114	184	4,93	1010
54	Xe	xenônio	131,29	2,6	218	209	−112	−108	5,76	1173
55	Cs	césio	132,91	0,8	265,4	235	28	671	1,93	377
56	Ba	bário	137,33	0,9	217,3	198	727	1897	3,62	503
57-71	SÉRIE DOS LANTANÍDIOS									
72	Hf	háfnio	178,49	1,3	156,4	144	2233	4603	13,3	658
73	Ta	tântalo	180,95	1,5	143	134	3017	5458	16,4	729
74	W	tungstênio	183,84	1,7	137,0	130	3422	5555	19,3	758
75	Re	rênio	186,21	1,9	137,0	128	3816	5596	20,8	758
76	Os	ósmio	190,23	2,2	135	126	3033	5012	22,59	813
77	Ir	irídio	192,22	2,2	135,7	126	2446	4428	22,5	867
78	Pt	platina	195,08	2,2	138	129	1768	3825	21,5	863
79	Au	ouro	196,97	2,4	144,2	134	1064	2856	19,3	892
80	Hg	mercúrio	200,59	1,9	160	144	−39	357	13,53	1010
81	Tl	tálio	204,38	1,8	170,4	155	304	1473	11,8	591
82	Pb	chumbo	207,21	1,8	175,0	154	327	1749	11,3	716
83	Bi	bismuto	208,98	1,9	155	152	271	1564	9,79	704
84	Po	polônio	(209)	2,0	167	153	254	962	9,20	813
85	At	astato	(210)	2,2	—	—	302	337	—	—
86	Rn	radônio	(222)	—	—	—	−71	−62	9,74	1039
87	Fr	frâncio	(223)	0,7	270	—	27	677	—	394
88	Ra	rádio	(226)	0,9	223	—	700	1140	5	511
89-103	SÉRIE DOS ACTINÍDIOS									
104	Rf	rutherfórdio	(261)	—	—	—	—	—	—	—
105	Db	dúbnio	(262)	—	—	—	—	—	—	—
106	Sg	seabórgio	(266)	—	—	—	—	—	—	—
107	Bh	bóhrio	(264)	—	—	—	—	—	—	—
108	Hs	hássio	(277)	—	—	—	—	—	—	—
109	Mt	meitnério	(268)	—	—	—	—	—	—	—
110	Ds	darmstádtio	(271)	—	—	—	—	—	—	—
111	Rg	roentgênio	(272)	—	—	—	—	—	—	—
112	Cn	copernício	(277)	—	—	—	—	—	—	—
114	Fl	fleróvio	(289)	—	—	—	—	—	—	—
116	Lv	livermório	(292)	—	—	—	—	—	—	—

SÉRIE DOS LANTANÍDIOS

Nº atômico	Símbolo	Nome	Massa atômica	Eletronegatividade	Raio atômico	Raio covalente	Fusão	Ebulição	Densidade	1ª energia de ionização
57	La	lantânio	138,91	1,1	187,7	169	918	3464	6,15	541
58	Ce	cério	140,12	1,1	182,5	165	798	3443	6,77	536
59	Pr	praseodímio	140,91	1,1	182,8	165	931	3520	6,77	528
60	Nd	neodímio	144,24	1,1	182,1	164	1021	3074	7,01	532
61	Pm	promécio	(145)	—	181,0	—	1042	3000	7,26	541
62	Sm	samário	150,36	1,2	180,2	166	1074	1794	7,52	545
63	Eu	európio	151,96	—	204,2	185	822	1529	5,24	549
64	Gd	gadolínio	157,25	1,2	180,2	161	1313	3273	7,90	595
65	Tb	térbio	158,93	—	178,2	159	1356	3230	8,23	566
66	Dy	disprósio	162,50	1,2	177,3	159	1412	2567	8,55	574
67	Ho	hólmio	164,93	1,2	176,6	158	1474	2700	8,80	582
68	Er	érbio	167,26	1,2	175,7	157	1529	2868	9,07	591
69	Tm	túlio	168,93	1,3	174,6	156	1545	1950	9,32	599
70	Yb	itérbio	173,05	—	194	170	819	1196	6,90	603
71	Lu	lutécio	174,97	1,0	173,4	156	1663	3402	9,84	524

SÉRIE DOS ACTINÍDIOS

Nº atômico	Símbolo	Nome	Massa atômica	Eletronegatividade	Raio atômico	Raio covalente	Fusão	Ebulição	Densidade	1ª energia de ionização
89	Ac	actínio	(227)	1,1	187,8	—	1051	3198	10	499
90	Th	tório	232,04	1,3	179,8	—	1750	4787	11,7	608
91	Pa	protactínio	231,04	1,5	160,6	—	1572	4027	15,4	570
92	U	urânio	238,03	1,7	154	—	1135	4131	19,1	599
93	Np	netúnio	(237)	1,3	150	—	644	3902	20,2	603
94	Pu	plutônio	(244)	1,3	151	—	640	3228	19,7	582
95	Am	amerício	(243)	—	173	—	1176	2011	12	578
96	Cm	cúrio	(247)	—	174	—	1345	—	13,51	582
97	Bk	berquélio	(247)	—	170	—	1050	—	14,78	603
98	Cf	califórnio	(251)	—	169	—	900	—	15,1	608
99	Es	einstênio	(252)	—	203	—	860	—	—	620
100	Fm	férmio	(257)	—	—	—	1527	—	—	629
101	Md	mendelévio	(258)	—	—	—	827	—	—	637
102	No	nobélio	(259)	—	—	—	827	—	—	641
103	Lr	laurêncio	(262)	—	—	—	1627	—	—	—

Os dados contidos nesta tabela periódica estão de acordo com as recomendações de 1º junho 2012 da Iupac e da Iupap (International Union of Pure and Applied Chemistry/ International Union of Pure and Applied Physics ou, em português, União Internacional de Química Pura e Aplicada/União Internacional de Física Pura e Aplicada, respectivamente).
Em 2005, esta tabela foi revisada e atualizada sob consultoria de Reiko Isuyama (ex-professora do Instituto de Química da Universidade de São Paulo e integrante do Comitê Executivo do Comitê de Ensino de Química da Iupac) com colaboração de Jorge A. W. Gut (professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo).
Em 2010, esta tabela foi revisada e atualizada sob consultoria de Álvaro Chrispino (atual professor do Cefet-RJ e *Fellow* Iupac e representante nacional do Comitê de Educação Química da Iupac – até 2007).

Valores da primeira energia de ionização

1 1A	2 2A	3 3B	4 4B	5 5B	6 6B	7 7B	8 8B	9 8B	10 8B	11 1B	12 2B	13 3A	14 4A	15 5A	16 6A	17 7A	18 0 ou 8A
1 H 13,598																	2 He 24,587
3 Li 5,392	4 Be 9,323											5 B 8,298	6 C 11,260	7 N 14,534	8 O 13,618	9 F 17,423	10 Ne 21,585
11 Na 5,139	12 Mg 7,646											13 Al 5,986	14 Si 8,152	15 P 10,487	16 S 10,360	17 Cl 12,968	18 Ar 15,760
19 K 4,341	20 Ca 6,113	21 Sc 6,562	22 Ti 6,828	23 V 6,746	24 Cr 6,767	25 Mn 7,434	26 Fe 7,902	27 Co 7,881	28 Ni 7,640	29 Cu 7,726	30 Zn 9,394	31 Ga 5,999	32 Ge 7,899	33 As 9,789	34 Se 9,752	35 Br 11,814	36 Kr 14,000
37 Rb 4,171	38 Sr 5,695	39 Y 6,217	40 Zr 6,634	41 Nb 6,759	42 Mo 7,092	43 Tc 7,280	44 Ru 7,361	45 Rh 7,459	46 Pd 8,337	47 Ag 7,576	48 Cd 8,994	49 In 5,786	50 Sn 7,344	51 Sb 8,608	52 Te 9,010	53 I 10,451	54 Xe .
55 Cs 3,894	56 Ba 5,212	57/71	72 Hf 6,825	73 Ta 7,550	74 W 7,864	75 Re 7,834	76 Os 8,438	77 Ir 8,967	78 Pt 8,959	79 Au 9,226	80 Hg 10,438	81 Tl 6,108	82 Pb 7,417	83 Bi 7,286	84 Po 8,417	85 At .	86 Rn 10,749
87 Fr 4,073	88 Ra 5,278	89/103															

SÉRIE DOS LANTANÍDIOS

57 La 5,577	58 Ce 5,539	59 Pr 5,464	60 Nd 5,525	61 Pm 5,580	62 Sm 5,644	63 Eu 5,670	64 Gd 6,150	65 Tb 5,864	66 Dy 5,939	67 Ho 6,022	68 Er 6,108	69 Tm 6,184	70 Yb 6,254	71 Lu 5,426

SÉRIE DOS ACTINÍDIOS

89 Ac 5,170	90 Th 6,307	91 Pa 5,890	92 U 6,194	93 Np 6,266	94 Pu 6,026	95 Am 5,974	96 Cm 6,020	97 Bk 6,230	98 Cf 6,300	99 Es 6,420	100 Fm 6,500	101 Md 6,580	102 No 6,650	103 Lr .

Respostas

Capítulo 2 – Introdução ao estudo das propriedades específicas dos materiais

Exercícios

E1. Ferro, alumínio, cobre, barro, vidro, pedra. Para fabricar panelas, os materiais devem ser resistentes ao aquecimento (alta temperatura de fusão), impermeáveis, moldáveis, ou seja, devem ser capazes de tomar a forma de uma panela.

E2. a) Vantagens: As panelas de alumínio e de cobre gastam pouca energia para ser aquecidas. Desvantagens: As panelas de vidro gastam um pouco mais de energia que as panelas de alumínio e cobre. As panelas de ferro, barro e pedra gastam muita energia para ser aquecidas.

b) Vantagens: As panelas de vidro conservam os alimentos quentes por mais tempo que as panelas de alumínio e cobre. As panelas de ferro, barro e pedra demoram a esfriar, conservando os alimentos quentes por muito mais tempo. Desvantagens: As panelas de alumínio e de cobre esfriam rapidamente, não conseguindo manter os alimentos aquecidos.

E3. a) Sólido, impermeável, facilmente moldável em tamanhos e formatos diferentes.

b) Dúctil, ou seja, é facilmente reduzido a fios e bom condutor de corrente elétrica.

c) Resistência à oxidação, tenacidade, e podem ser moldados em diversos tamanhos e formatos.

d) Pode ser moldada em diversos tamanhos e formatos, é macia o suficiente para amortecer irregularidades do piso, durável, não precisa ser maciça, o que economiza matéria-prima.

E4. a) 1. Teste de tração em dinamômetro.

2. Fixar o cabo e colocar pesos conhecidos, aumentando os valores até que o cabo se rompa. O último valor suportado antes do rompimento seria o limite de resistência do cabo.

b) Para um tecido estampado, cortar um pedaço e dividi-lo em duas amostras: uma fica como padrão; a outra é sucessivamente lavada; após cada lavagem, comparar com o padrão. Quando mostrar alteração, anotar o número de lavagens até que se observe a alteração. Fazer o mesmo para outro tecido. O que desbotar com menos lavagens será o menos resistente às lavagens.

E5. a) O balão *A* contém hidrogênio, pois esse gás é menos denso que o ar e, portanto, o balão que o contém flutua. Os balões B e C contêm ou nitrogênio ou oxigênio, pois esses gases são mais densos que o ar e, portanto, esses balões repousam no piso da sala.

b) Nesse caso, todos os balões flutuam, pois os gases hidrogênio, nitrogênio e oxigênio são menos densos que o gás carbônico.

E6. a) No tubo de ensaio: 1 mL de CCl_4 por baixo e 10 mL de água por cima.

b) No tubo de ensaio: 10 mL de CCl_4 por baixo e 1 mL de água por cima.

Independentemente da quantidade, a água sempre flutua em tetracloreto de carbono, pois a água é o material menos denso.

E7.

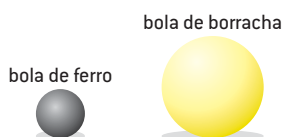



Figura R.1 Exercício E7.

O ferro é mais denso que a borracha, logo a bola de ferro apresentará um volume menor que a bola de borracha. A densidade é inversamente proporcional ao volume quando comparamos materiais diferentes que apresentem a mesma massa.

E8. O bloco *A* é o mais denso (possui maior densidade), pois para a mesma massa é o que apresenta o menor volume. A densidade é inversamente proporcional ao volume quando comparamos materiais diferentes que apresentem a mesma massa.

E9. a) O volume do ar (V_{ar}) é de, no mínimo, 280 m^3.

b) 336 kg.

E10. Não. O volume real (3,5 cm^3) é maior que o volume esperado (3 cm^3).

E11. a) $V_1 > V_2$, pois para objetos de mesma massa (m_1) o que flutua apresenta maior volume.

b) $m_2 < m_3$, pois para objetos de mesmo volume (V_3) o que flutua apresenta menor massa.

E12. a) A mistura 2 é constituída por etanol e água, pois, nessa mistura, a bolinha escura passou a flutuar, o que significa que a mistura ficou mais densa que a bolinha. Somente essa mistura poderia ter uma densidade maior do que a da bolinha, pois a densidade da mistura deverá ser intermediária à densidade do álcool e da água.

b) A mistura 3 é constituída por etanol e gasolina, pois, nessa mistura, a bolinha clara afundou, o que significa que a mistura ficou menos densa que a bolinha. Somente essa mistura poderia ter uma densidade menor do que a da bolinha, pois a densidade da mistura deverá ser intermediária à densidade do álcool e da gasolina.

c) Entre 0,8 e 1,0, pois ela afunda no etanol, que tem densidade igual a 0,8 e flutua na mistura 2, que tem densidade menor que 1,0.

d) Entre 0,7 e 0,8, pois ela flutuou no etanol, que tem densidade 0,8, e afundou na mistura 3, que tem densidade entre 0,7 e 0,8.

E13.

Figura R.2 Exercício E13.

E14. O frasco II contém benzeno, pois o benzeno sólido é mais denso que o líquido, por isso afunda.

E15. a) Heterogêneo, pois o hidróxido de cálcio é insolúvel em álcool.

b) Filtração, pois o filtro retém o sólido insolúvel.

c) Determinando a temperatura de ebulição do álcool.

E16. a)

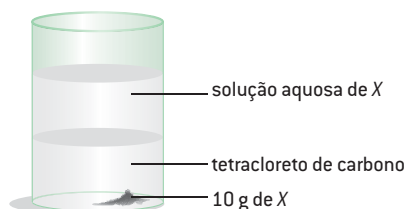



Figura R.3 Exercício E16.

b) Filtração, em que se separa o sólido insolúvel. Decantação, usando funil de separação, para separar as duas fases líquidas, pois é um sistema heterogêneo que pode ser separado por

diferença de densidade. Destilação simples para a solução aquosa, pois é um sistema homogêneo sólido-líquido e pode ser separado, pois apresentam diferentes temperaturas de ebulição.

E17. a) Não, pois o óleo e a água são imiscíveis.

b) Esse é o procedimento mais adequado, pois permite recuperar o óleo, que é o produto de interesse.

c) Não, pois ao final teríamos, novamente, "óleo + restos de sementes".

E18. Como todos os frascos estão fechados e os líquidos possuem a mesma massa, e sabendo que $d = m/v$, então o frasco com menor volume possui maior densidade (clorofórmio), o de maior volume possui menor densidade (etanol) e o frasco com volume intermediário contém água.

E19. A densidade foi fornecida como 13 g/cm^3 = 13 g/ml

Portanto: 13 g ———— 1 mL

X g ———— 500 mL

X = 6500 g

E20. Bambu e carvão são menos densos do que a água, portanto vão flutuar; já o osso e o alumínio são mais densos e vão afundar.

E21. Após certo tempo, a temperatura do frasco com o líquido X estará em ebulição a 50 °C, e o frasco com o líquido Y estará a 100 °C. Portanto, pode-se segurar o frasco com o líquido X sem se queimar.

E22. Pentano. As substâncias líquidas são aquelas que têm seu ponto de ebulição menor que 25 °C.

Questões de exames

Q65. b **Q66.** c **Q67.** e **Q68.** c **Q69.** a

Q70. Resposta: 58 (= 02 + 08 + 16 + 32).

Q71. a) Fase superior: 39 mL; fase inferior: 61 mL.

b) Se o volume da fase aquosa for maior que 61 mL.

Q72. Falsa, pois o oxigênio que os peixes respiram é a substância oxigênio, que está dissolvida em água, e não os átomos de oxigênio constituintes da molécula da água.

Q73. d **Q74.** c **Q75.** c **Q76.** b **Q77.** e

Q78. b **Q79.** e **Q80.** a **Q81.** c **Q82.** d

Q83. b **Q84.** c **Q85.** a

Q86. Clorofórmio, etanol e fenol são líquidos a 50 °C; éter etílico e pentano são gasosos nessa temperatura.

Q87. b **Q88.** d **Q89.** d **Q90.** a

Capítulo 3 – Materiais: estudo de processos de separação e purificação

Questões de exames

Q18. d **Q19.** a

Q20. a) H_2O, O_2.

b) O estudante está considerando que o oxigênio elementar (O), que constitui a molécula de água (H_2O), e o oxigênio (O_2), substância gasosa, possuem as mesmas propriedades.

Q21. b **Q22.** b

Q23. a) Em t = 0, início do processo, em que há aproximadamente 80% de N_2 e 20% de O_2.

b) De t = 1,1 até t = 11,5, em que a concentração de O_2 é nula.

c) Os intervalos possíveis são: de 1,1 a 3,3, quando há liberação de H_2. De 2,5 a 12, quando há liberação de CH_4. O melhor intervalo é o que corresponde à maior concentração de CH_4 na mistura: de t = 6 a t = 10.

Q24. c **Q25.** e **Q26.** a **Q27.** e **Q28.** b **Q29.** b

Q30. A destilação fracionada é um método que separa os componentes da mistura pela diferença de temperaturas de ebulição (TE). Ao aquecer a mistura líquida, a substância que apresenta menor TE é a primeira a passar para o estado gasoso e se separar do sistema e assim consecutivamente. No caso da mistura sugerida, o primeiro componente a se separar será o nitrogênio (substância com menor TE), seguido do argônio e, por fim, o oxigênio (substância com maior TE).

Q31. a) Toda substância pode ser representada por uma fórmula química. No entanto, o leite é uma mistura de substâncias, por isso não pode ser representado por uma fórmula química.

b) Não, o leite é uma mistura heterogênea, porque ao ser visto pelo microscópio apresenta mais de uma fase.

Q32. a **Q33.** a **Q34.** e **Q35.** e **Q36.** d

Q37. d **Q38.** d **Q39.** c **Q40.** b

Capítulo 4 – Aprendendo sobre o lixo urbano

Questões de exames

Q7. e **Q8.** d

Q9. a) Com base na análise do gráfico, pode-se concluir que a matéria orgânica existente nos esgotos domésticos, ao iniciar o processo de decomposição aeróbica, provoca a diminuição progressiva da concentração de oxigênio dissolvido na água, causando impacto ambiental sobre o ecossistema. Dessa forma, para minimizar esses impactos e implementar a revitalização do rio São Francisco é necessário tratar os esgotos domésticos antes de serem lançados no rio.

b) Incentivar o replantio de árvores nativas com o objetivo da geração de emprego e renda das populações ribeirinhas e, assim, promover a sustentabilidade de atividades diversificadas. Considerando a diferença entre as temperaturas de ebulição do ouro e do mercúrio, é possível separar o mercúrio do ouro por meio da destilação simples, e reutilizá-lo.

Q10. b **Q11.** a

Q12. d **Q13.** a

Q14. d

Capítulo 5 – Um modelo para os estados físicos dos materiais

Exercícios

E1. Porque certos materiais possuem um número maior de partículas em um mesmo volume.

E2. Porque, durante a mudança de estado físico, a energia fornecida ao sistema é utilizada para promover o afastamento das partículas, caracterizando, assim, um novo estado físico.

E3. Porque para que o líquido entre em ebulição é necessário que:

1. ocorra o enfraquecimento da interação que há entre suas partículas;
2. suas partículas rompam a "barreira" formada pelas partículas do ar que estão sobre a sua superfície.

Assim, quanto mais partículas de ar houver no sistema, maior será a pressão por ele exercida (pressão atmosférica) e, consequentemente, mais energia será necessária para que o líquido entre em ebulição.

E4. Para que ocorra solubilidade, deve haver interação entre as partículas do soluto e as partículas do solvente; sendo assim, alguns solutos interagem bem com certos solventes e não interagem com outros.

E5. a) É possível comprimir o ar numa seringa porque as partículas, no estado gasoso, estão bastante afastadas. Ao comprimir o êmbolo da seringa, as partículas do gás (no caso estudado, o ar) ficam mais próximas entre si, diminuindo o espaço vazio entre elas.

Figura R.4 Exercício E5.

b) Ao continuar comprimindo o ar da seringa, as partículas ficam mais próximas umas das outras e os espaços vazios entre elas diminuem, possibilitando a mudança de estado de agregação da matéria, ou seja, passando do estado gasoso para o estado líquido. Sendo assim, é possível observar a formação de gotículas no interior da seringa.

E6. a) (V) A densidade do ar, após o aquecimento, diminui. (Justificativa: Com o aquecimento do tubo de ensaio com o uso de um balão, as partículas de ar distanciam-se umas das outras; assim o volume do gás aumenta e a densidade do ar diminui.)

b) (F) O balão enche porque todo o ar que estava no tubo sobe para o balão. (Justificativa: O aquecimento do ar no interior do tubo de ensaio faz com que ele se espalhe rapidamente pelo ambiente, aumentando o volume devido ao aumento da distância entre as partículas.)

c) (V) O aquecimento provoca o aumento das partículas de ar. (Justificativa: As partículas de ar adquirem movimento cinético espalhando-se pelo ambiente e, consequentemente, aumentando o volume das partículas do gás.)

d) (F) Com o aquecimento, as partículas do ar que estavam paradas adquirem movimento. (Justificativa: As partículas de ar não estão paradas inicialmente, elas possuem energia cinética. O aquecimento aumenta essa quantidade de energia aumentando o movimento das partículas.)

E7.

Estado físico	Sólido	Líquido	Gasoso
Organização das partículas	Ordenadas em um retículo cristalino.	Ocorrem pequenos aglomerados de partículas, mas elas deslizam umas sobre as outras.	As partículas não se aglomeram.
Movimento das partículas	Atração intensa entre as partículas, portanto possui pequeno movimento.	Fraca atração entre as partículas, porém essa atração as mantêm no estado condensado.	Movimento entre as partículas muito rápido.
Forma e volume	Definidos, desde que a temperatura não varie.	Volume constante e forma não definida.	Volume e formas não definidas.
Distância entre as partículas	Pequena distância entre as partículas.	Distância média entre as partículas.	Grande distância entre as partículas.

Quadro R.1 Exercício E7.

E8. A energia cinética das partículas é diretamente proporcional à temperatura. Isso implica que, quanto maior a temperatura, maior é a energia cinética das partículas. Ou seja, as partículas sempre estão em movimento, mesmo a temperaturas muito baixas; portanto, o estado físico gasoso apresenta maior energia cinética.

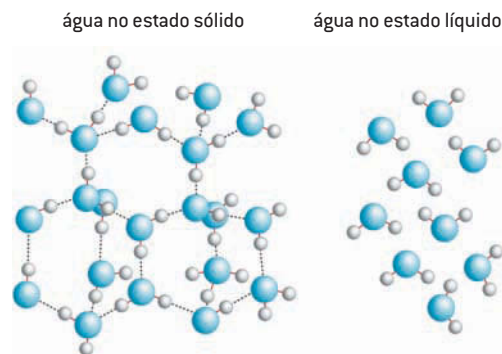
E9. a) No gelo, as distâncias das partículas são maiores do que da água, portanto a densidade da água é maior que a do gelo.

b) A água no estado sólido (gelo) e no estado líquido.

Figura R.5 Exercício E9.

O sal de cozinha no estado sólido e no estado líquido.

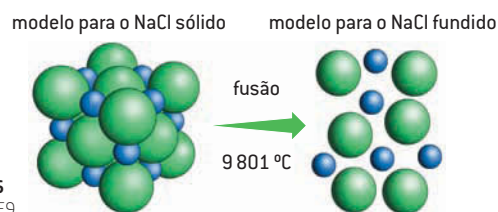



Figura R.6 Exercício E9.

c) A água no estado sólido tem menor densidade do que a água no estado líquido, porque a distância média entre as partículas no gelo é maior do que na água líquida.

Já para o sal de cozinha ocorre o contrário: suas partículas estão mais unidas no estado sólido do que no líquido.

E10. No estado sólido. A atração entre as partículas no sólido é intensa, e os espaços vazios são bem menores que nos gases. Portanto, esse modelo explica por que os sólidos têm forma própria e não se "esparramam" como os líquidos, ou seja, como estão limitadas a posições fixas, as partículas não podem se deslocar e "rolar umas sobre as outras", como acontece com os líquidos.

E11. A elevação da temperatura de um sistema aumenta a energia cinética (energia relacionada ao movimento) das partículas. Essa maior movimentação enfraquece as interações entre as partículas.

E12. Porque a substância responsável pelo cheiro é gasosa. Como suas partículas se movimentam muito, podem se espalhar com maior facilidade. Isso não ocorre com temperaturas baixas, porque o movimento também é menor; sendo assim o cheiro se espalha menos.

E13. Nas regiões do gráfico indicadas por II e V, está ocorrendo a mudança de fases, portanto toda a energia fornecida para o sistema está sendo utilizada para promover o afastamento das partículas. Já nas regiões do gráfico indicadas por I, III e V, a energia recebida está sendo usada para o enfraquecimento das interações das partículas da substância, portanto há variação de temperatura nesses pontos.

E14. a) As partículas da água interagem com as partículas do permanganato de potássio, e essa interação soluto-solvente compensa energeticamente a quebra das interações soluto-soluto, o que torna possível a dissolução.

b) Não há interação entre as partículas de aguarrás com as partículas do permanganato de potássio, portanto não há dissolução.

c) – Movimento das partículas;

– Quebra de interações soluto-soluto;

– Formação de interações soluto-solvente.

E15. a) Correta. Justificativa: É possível comprimir o ar numa seringa porque as partículas são infinitamente pequenas e se movimentam continuamente no espaço vazio por possuírem energia cinética.

b) Incorreta. Justificativa: No sólido as partículas apresentam o movimento vibratório; portanto, o movimento é menor, mas as partículas não param.

E16. c

E17. b **E18.** c **E19.** b **E20.** c **E21.** a

E22. 1 é sólido; 2 é gasoso; 3 é líquido.

E23. Com o aquecimento, as partículas do ar dentro do sistema passam a ter mais energia cinética, o que provoca um aumento na movimentação das partículas. Ao se movimentarem com mais intensidade, as partículas passam a exercer uma pressão maior sobre as paredes do recipiente e do balão. Como o balão é elástico, ele infla.

Questões de exames

Q43. a) As linhas do gráfico representam pontos de T e C nos quais fases diferentes coexistem em equilíbrio. Acima do ponto crítico (à direita da linha vertical pontilhada), o gás não pode coexistir com a fase líquida, mesmo em situações de alta pressão. Abaixo do ponto crítico (à esquerda da linha vertical pontilhada), as fases líquida e gasosa podem coexistir. Essa é a principal diferença entre os conceitos de gás e vapor.

b) Analisando o gráfico, pode-se afirmar que, acima da pressão citada, ocorre o fenômeno de fusão e, abaixo desse valor, ocorre a sublimação.

Q44. b **Q45.** a

Q46.

	Dispersão	Disperso	Dispergente
a)	sol	sólido	líquido
b)	gel	sólido	líquido
c)	aerossol	líquido	gasoso
d)	emulsão	líquido	líquido
e)	espuma sólida	gás	sólido

Quadro R.2 Questão Q46.

Capítulo 6 – Modelos para o átomo e uma introdução à tabela periódica

Exercícios

E1. De acordo com as ideias de Aristóteles, a matéria seria contínua, ou seja, ele não considerava a existência de espaços vazios entre os átomos. Na sua concepção, a matéria poderia ser dividida até que se chegasse a pequenas partículas que ele denominou mínimos naturais. Esses grãos de matéria seriam a menor parte possível do material e exibiriam todas as suas propriedades – poderiam se dilatar, se fundir, etc. De acordo com o modelo sugerido por Leucipo, Demócrito e Epicuro, a matéria seria constituída por átomos e espaços vazios.

E2. O modelo atômico proposto por Thomson considera que o átomo é uma esfera de carga positiva, uniformemente distribuída pela esfera, na qual há partículas com carga negativa incrustadas, denominadas elétrons.

E3. Os raios X são radiações eletromagnéticas de origem extranuclear. A radioatividade é uma radiação de origem nuclear, ou seja, que é emitida pelo núcleo de alguns átomos.

E4. Os raios X foram descobertos por Wilhelm C. Röntgen, em 1895. Na época ele trabalhava com as chamadas válvulas de Hittorf, com as quais estudava a condutividade de gases. Numa noite, quando a válvula estava totalmente coberta com cartolina negra e a sala estava completamente às escuras, uma folha de papel tratada com platinocianeto de bário, que estava a certa distância da válvula, começou a brilhar, emitindo luz. Perplexo, o cientista fez vários outros testes até que sua mão escorregou em frente à válvula e ele viu os próprios ossos na tela. Descobrira "um novo tipo de raio", conforme ele mesmo explicou em sua primeira publicação sobre o assunto.

E5. A radioatividade foi descoberta por Becquerel, em 1896, quando fazia experimentos utilizando um sal de urânio que, como toda substância radioativa, é fosforescente. Ele cobria chapas fotográficas com folhas de papel negro grosso, colocando sobre o papel uma camada do sal de urânio e expunha o conjunto ao Sol por várias horas. Ao revelar a chapa fotográfica, percebia a silhueta da substância fosforescente em negro sobre o negativo. Num dia nublado, colocou amostras de urânio sobre chapas fotográficas envoltas em papel opaco à luz dentro de uma gaveta escura. Quando revelou as chapas, encontrou silhuetas muito nítidas do sal de urânio. Concluiu, então, que o sal de urânio emitia raios capazes de penetrar no papel negro, tivesse ou não sido exposto previamente à luz do Sol. Estava descoberta a radioatividade.

E6. As partículas alfa são radiações emitidas por átomos radioativos ao sofrerem decaimento. Essas partículas são positivas.

E7. a) Os símbolos a seguir devem estar em todas as embalagens e equipamentos que contenham substâncias radioativas. Sua cor e tamanho podem variar, mas geralmente são vermelho ou preto sobre fundo amarelo:

Figura R.4 Exercício E7.

b) Atitudes a serem tomadas ao encontrar um material com esse símbolo:

– Nunca tocar no material radioativo;

– Ficar distante da fonte e, se possível, colocar o que tiver disponível entre a pessoa e ela;

– Avisar outras pessoas e isolar a área;

– Entrar em contato com o serviço de emergência da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen) mais próximo. (A Cnen é o órgão federal, vinculado ao Ministério da Ciência e Tecnologia, que estabelece normas e regulamentos em radioproteção. É responsável pelo licenciamento, fiscalização e controle de toda atividade nuclear no Brasil.)

c) Os materiais radioativos devem ser armazenados em cápsulas blindadas que evitam a passagem da radiação. Caso um equipamento desse tipo seja encontrado sem identificação, deve-se ter os mesmos cuidados indicados na questão anterior (b).

E8. a) Sim. Dois exemplos são as micro-ondas e os raios X.

b) A radiação mais energética é a ultravioleta.

E9. Um espectro descontínuo é aquele constituído por um conjunto de comprimentos de ondas discretos. Esse espectro é composto de um conjunto de linhas.

E10. De acordo com Bohr, quando um átomo recebe energia, seus elétrons podem saltar para níveis mais energéticos. Ao retornarem ao estado fundamental, eles emitirão essa energia em frequências bem características, que constituem o espectro de linhas.

E11. De acordo com Bohr, o átomo é um núcleo pequeno e carregado positivamente, cercado por um grande espaço vazio, a eletrosfera, onde os elétrons se movem em órbitas circulares. Para apresentar seu modelo, Bohr sugere os seguintes postulados:

- Os elétrons movimentam-se em volta do núcleo em órbitas circulares.
- O elétron se move em órbitas determinadas, chamadas de estados estacionários.
- Ao se mover em um desses estados estacionários, o elétron mantém sua energia total constante.
- Quando um elétron muda de um estado estacionário mais energético para outro menos energético, ele emite radiação eletromagnética.

Questões de exames

Q51. c **Q52.** a **Q53.** d **Q54.** a

Q55. a) Esse conceito explica os grandes desvios sofridos pelas partículas alfa porque o núcleo concentra toda a carga positiva do átomo num espaço muito menor do que o volume do átomo. Assim, as partículas alfa que se aproximavam muito dos núcleos sofriam fortes repulsões eletrostáticas e grandes desvios.

b) Como os grandes desvios são função da carga nuclear, o uso de lâminas de alumínio, um metal de baixa carga nuclear ($Z = 13$, enquanto o ouro tem $Z = 79$), provocaria a diminuição da fração de partículas alfa fortemente desviadas.

Q56. b **Q57.** b **Q58.** a **Q59.** d

Q60. a) O diagrama 2 não corresponde a nenhum elemento, pois as sucessivas energias de ionização dos elétrons do átomo de um elemento químico têm valores crescentes.

b) Sódio (Na). 2, 8, 1. Como há um grande aumento no valor da energia de ionização do 1º para o 2º elétron, significa que há transição de nível de energia, sendo, portanto, um elemento com 1 elétron de valência. Como é do 3º período, tem três níveis de energia.

Q61. a) 35 e 37.

b) $AlCl_3$ – cloreto de alumínio.

Q62. b **Q63.** e **Q64.** 25 **Q65.** a **Q66.** a
Q67. e **Q68.** b **Q69.** b **Q70.** a **Q71.** a
Q72. c **Q73.** d **Q74.** a **Q75.** d **Q76.** a
Q77. d **Q78.** d **Q79.** c **Q80.** d **Q81.** c
Q82. d **Q83.** b **Q84.** d **Q85.** c **Q86.** d
Q87. d **Q88.** d **Q89.** e **Q90.** d **Q91.** b
Q92. a

Q93. Modelo atômico de Bohr. O átomo de hidrogênio formado por um próton, localizado no núcleo, e um elétron, girando em volta.

Capítulo 7 – Introdução às transformações químicas

Exercícios

E1. É um tipo de transformação em que materiais, não existentes inicialmente no sistema, são produzidos. É uma transformação em que há formação de novas substâncias.

E2. Quando falamos em reação química, estamos nos referindo ao fenômeno. A equação química é uma forma de representação do fenômeno.

E3. a) Porque os produtos formados apresentam propriedades diferentes das substâncias do sistema inicial. Nesse caso, a ferrugem tem coloração e textura bem diferentes do metal-base. Se fôssemos testar propriedades físicas, veríamos que também sofreram alteração, como condutividade elétrica e tenacidade.

b) Porque no litoral o ambiente é mais úmido, portanto com maior concentração de partículas de água.

E4. a) Correta, pois o balanceamento da equação garante a representação da Lei de Conservação das Massas.

b) Correta, pois essa é a Lei de Conservação das Massas.

c) Correta, pois o N_2 é uma substância simples e a H_2O é uma substância composta.

d) Correta, pois nos reagentes as substâncias estão em solução aquosa. Nos produtos há formação de um gás, que vai borbulhar na solução ao ser formado, e água em estado líquido.

Questões de exames

Q51. d. **Q52.** b **Q53.** d **Q54.** b **Q55.** c
Q56. c **Q57.** c **Q58.** c **Q59.** c **Q60.** c
Q61. b **Q62.** a **Q63.** c **Q64.** d **Q65.** b
Q66. d **Q67.** b **Q68.** c **Q69.** 39 **Q70.** c
Q71. e **Q72.** e **Q73.** c **Q74.** d **Q75.** b
Q76. e

Q77. Quando o prego enferruja, sua massa é aumentada porque ele reage com o oxigênio e a água presentes no ar, produzindo o óxido de ferro, que tem massa maior que o ferro. A queima do palito de fósforo produz gases que são liberados para o ambiente. Nas duas reações ocorre conservação da massa; no entanto, como há envolvimento de gases e os sistemas são abertos, as massas desses gases não são medidas, fazendo parecer que a massa total aumentou ou diminuiu.

Capítulo 8 – Quantidades nas transformações químicas

Exercícios

E1. a) nitrato de prata – $AgNO_3$

$Ag = 1 \cdot 107{,}9 = 107{,}9$; $N = 1 \cdot 14{,}0 = 14{,}0$; $O = 3 \cdot 16{,}0 = 48{,}0$

$Ag + N + 3\,O = 169{,}9$ g/mol

b) cloreto de bário – $BaCl_2$: $137{,}3 + (2 \cdot 35{,}5) = 208{,}3$ g/mol

c) cloreto de sódio – NaCl: $23{,}0 + 35{,}5 = 58{,}5$ g/mol

d) carbonato de sódio – Na_2CO_3: $(2 \cdot 23{,}0) + 12{,}0 + (3 \cdot 16{,}0) = 106{,}0$ g/mol

e) nitrato de chumbo (II) – $Pb(NO_3)_2$: $207{,}2 + (2 \cdot 14{,}0) + (6 \cdot 16{,}0) = 331{,}2$ g/mol

E2. Significa que a massa de 1 mol de iodo atômico (ou $6{,}02 \cdot 10^{23}$ átomos de iodo) é igual a 127 g.

E3. Para o KNO_3, tem-se que a massa molar é $39{,}1 + 14{,}0 + (3 \cdot 16{,}0) = 101{,}1$ g/mol. Como 1 mol tem 101,1 g, logo 0,5 mol terá 50,55 g.

E4. Essa afirmação é falsa, pois um mol de átomos de qualquer elemento tem $6{,}02 \cdot 10^{23}$ átomos, independentemente de sua massa molar.

E5. Para a amônia: $14{,}0 + (3 \cdot 1{,}0) = 17{,}0$ g/mol. Como 1 mol de amônia tem 17,0 g, logo 25,5 g equivalem a 1,5 mol de amônia.

E6. $CaBr_2 \longrightarrow Ca^{2+} + 2\,Br^-$. Portanto, para cada 1 mol de $CaBr_2$ tem-se 3 mols de íons (1 mol de Ca^{2+} e 2 mols de Br^-); logo, 2 mols de $CaBr_2$ equivalem a 6 mols de íons.

E7. a) Como 40,0 mols têm 1 200,0 g, logo 1,0 mol tem 30 g; assim, MM = 30,0 g/mol.

b) Como 1,0 g de H equivale a 1 mol, logo 6,0 g equivalem a 6 mols de átomos de H. Assim:

(30,0 – 6,0) g = 24,0 g.

Como 12,0 g de C equivalem a 1 mol, logo 24,0 g de C equivalem a 2 mols de átomos de C.

Portanto, a fórmula molecular dessa substância é: C_2H_6.

E8. a) (2 · 14,0) + 16,0 = 44,0 g/mol

b) $N_2O \rightarrow N_2 + 1/2\ O_2$. O volume do gás nitrogênio (N_2) seria o dobro do volume do gás oxigênio (O_2) nas mesmas condições de temperatura e pressão, pois essa é a relação que apresentam quanto ao número de mols, como se pode constatar na equação.

E9. O volume molar de um gás nas CNTP é 22,7 L, ou seja, esse volume corresponde ao volume de, aproximadamente, 11 garrafas PET.

E10. O volume de um cubo é calculado pelo valor de sua aresta (a) elevada ao cubo: $V = a^3$. Sendo assim, a aresta do cubo deverá ter, aproximadamente, 28,3 cm, ou seja, $V = (28{,}3\ cm)^3 = 22{,}665\ cm^3 = 22{,}665\ dm^3 = 22{,}665\ L$.

Questões de exames

Q14. c **Q15.** b **Q16.** b **Q17.** c **Q18.** c

Q19. e **Q20.** d

Q21. a) Amarelo, pois no experimento 1 houve excesso do ácido.

b) Verde.

Q22. a) 6,16 mol/L ou 360 g/L.

b) Aproximadamente 40 L de água do mar.

Q23. a) $SO_2\ (g) + Ba(OH)_2\ (aq) \rightarrow BaSO_3\ (s) + H_2O\ (l)$

b) $SO_3\ (g) + Ba(OH)_2\ (aq) \rightarrow BaSO_4\ (s) + H_2O\ (l)$

c) 21,7 g de $BaSO_3$ e 23,3 g de $BaSO_4$

d) SO_2

Q24. a) $SO_2\ (g) + 1/2\ O_2\ (g) + CaCO_3\ (s) \rightarrow CaSO_4\ (s) + CO_2\ (g)$

b) 1 000 t

Q25. a) 14 g

b) $4{,}2 \cdot 10^{23}$ átomos

Q26. a) 20 g b) x = 5

Q27. a) sulfito de alumínio b) 270 g

Q28. a) 33 b) 25,1 mg

Q29. a) As equações químicas são:

$SO_2 + 1/2\ O_2 \rightarrow SO_3$

$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$

b) 0,0032%

Q30. e

Q31. a) $CO_2\ (g) + 2\ LiOH\ (s) \rightarrow Li_2CO_3\ (s) + H_2O\ (l)$

b) 1 200 g

Q32. 6. **Q33.** e **Q34.** b **Q35.** b

Q36. e **Q37.** b **Q38.** a **Q39.** d

Q40. c **Q41.** c **Q42.** x = 3. **Q43.** a

Q44. e **Q45.** a **Q46.** c **Q47.** 11,2 g

Q48. 400 g **Q49.** c **Q50.** d

Q51. a) $Ca_3(PO_4)_2 + 3\ H_2SO_4 \times 2\ H_3PO_4 + 3\ CaSO_4$ b) 930 g

Capítulo 9 – Ligações químicas, interações intermoleculares e propriedades dos materiais

Questões de exames

Q38. c **Q39.** d **Q40.** c

Q41. d **Q42.** a **Q43.** a

Q44. c **Q45.** c

Q46. a)

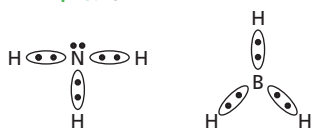



Figura R.5 Questão Q46.

b) O nitrogênio é um átomo muito mais eletronegativo do que o hidrogênio e o boro. Assim, átomos de hidrogênio ligados a nitrogênio ficam deficientes de elétrons, podendo interagir fortemente com outros átomos de nitrogênio de moléculas vizinhas. Isso, entretanto, não é possível no caso do boro.

Q47. a) Uma molécula de água é formada por duas ligações O—H polares, já que o átomo de oxigênio é mais eletronegativo do que o átomo de hidrogênio. Assim, o átomo de oxigênio apresenta um caráter parcialmente negativo, e o átomo de hidrogênio, um caráter parcialmente positivo. Como o ângulo entre as duas ligações O_2H é menor do que 104,5º, pode-se afirmar que a molécula de água é polar.

b) Modelo A. Em solução, os íons positivos e negativos que constituem o NaCl encontram-se separados e completamente solvatados pelas moléculas de água. Os átomos de oxigênio da molécula de água, parcialmente negativos, orientam-se em direção aos íons positivos, e os átomos de hidrogênio da molécula de água, parcialmente positivos, orientam-se em direção aos íons negativos, de modo que atrações eletrostáticas são responsáveis pelas interações que se formam em solução.

Q48. a) O cloreto de sódio. No estado sólido o cloreto de sódio não conduz corrente elétrica, pois suas cargas não estão móveis; já no estado líquido, seus íons tornam-se móveis.

b) O iodo, pois suas moléculas são apolares e as interações entre elas são do tipo Van der Waals.

Q49. a) *X* = *O*, *Y* = *C*, *Z* = *K*

b) CO

c) K_2CO_3

Q50. Entre moléculas da substância I podem se formar ligações de hidrogênio, já que a presença de átomos desse elemento ligados a átomos muito eletronegativos, como o nitrogênio, torna possível a formação de ligações entre o hidrogênio do grupo NH_2 e um dos átomos de oxigênio do grupo NO_2 ou com o nitrogênio do grupo NH_2 de outra molécula. Entretanto, na molécula II pode ocorrer a formação de ligações de hidrogênio intramoleculares entre esses grupos, dificultando a formação de ligações de hidrogênio intermoleculares. Por isso, a temperatura de fusão da substância I é maior que a da substância II.

Q51. d **Q52.** a **Q53.** 11

Q54. c **Q55.** b **Q56.** c

Q57. A estrutura do CO_2 é O=C=O. A dissolução do CO_2 em água pode ser representada pela equação: $H_2O + CO_2 \rightleftharpoons H_2CO_3$.

Q58. c **Q59.** a **Q60.** d **Q61.** c

Q62. d **Q63.** a **Q64.** d **Q65.** b

Q66. c **Q67.** c **Q68.** a **Q69.** d

Q70. c **Q71.** c

Q72. O elemento *X* é o magnésio e o *Y* é o cloro. O composto formado pela ligação entre um metal com um ametal é iônico, portanto a ligação entre *X* e *Y* deve ser iônica. A fórmula para o composto é $MgCl_2$ e a nomenclatuta é cloreto de magnésio.

Q73. c **Q74.** c

Sugestões de leitura

Livros

CANTO, E. L. *Minerais, minérios, metais:* de onde vêm? Para onde vão?. São Paulo: Moderna, 2010.

____. *Plástico:* bem supérfluo ou mal necessário?. São Paulo: Moderna, 2004.

CHASSOT, A. I. *A ciência através dos tempos*. São Paulo: Moderna, 1994.

MATEUS, A. L. *Química na cabeça:* experiências espetaculares para você fazer em casa. Belo Horizonte: UFMG, 2001.

_____. *Química na cabeça*. Belo Horizonte: UFMG, 2010. v.2.

_____.; MOREIRA, M. G. *Construindo com PET:* como ensinar truques novos a garrafas velhas. Belo Horizonte: Fundação Ciência Jovem, 2007.

RODRIGUES, F. L.; CAVINATO, V. M. *Lixo:* de onde vem? Para onde vai? São Paulo: Moderna, 2003.

SCARLATO, F. C.; PONTIN, J. A. *Do nicho ao lixo:* ambiente, sociedade e educação. São Paulo: Atual, 1993.

SILVA, E. R.; SILVA, R. R. H. *Álcool e gasolina:* combustíveis do Brasil. São Paulo: Scipione. 1999. 72 p.

STRATHERN, P. *Bohr e a teoria quântica em 90 minutos*. Rio de Janeiro: Zahar, 1999.

TOMA H. E. *O mundo nanométrico:* a dimensão do novo século. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

Artigos

Artigos da revista *Química Nova na Escola*. Disponíveis em: <http://qnesc.sbq.org.br>. Acesso em: 15 ago. 2012.

Bibliografia consultada

ALBERTS, B. et al. *Molecular Biology of the Cell*. New York: Garland, 1989.

AMATO, I. *Stuff:* the Materials the World is Made of. New York: Avon, 1997.

AMBROGI, A.; LISBOA, J. C.; VERSOLATO, E. F. *Unidades modulares de Química*. São Paulo: Hamburg, 1987.

ATKINS, P.; JONES, L. *Chemical Principles.* The Quest for Insight. New York: W. H. Freeman, 1999.

____. *Physical Chemistry*. 6th ed. New York: Freeman, 1998.

____. *The 2nd Law:* Energy, Chaos, and Form. New York: Scientific American Books, 1994.

BROWN, T. L. et al. *Chemistry, the Central Science*. New Jersey: Prentice-Hall, 1994.

CADERNOS *Química Nova na Escola*. Publicação da Sociedade Brasileira de Química, desde 2001.

CAMPBELL, J. A. *Por que ocorrem reações químicas?*. São Paulo: Edgard Blücher, 1965.

CHEMICAL Bond Approach Committee. *Química*, partes I, II e III. Brasília: Ed. da UnB, 1964.

CHEMICAL Education Material Study. *Química:* uma ciência experimental. Volumes I e II. São Paulo: EDART, 1976.

COMPANION, A. L. *Ligação química*. São Paulo: Edgard Blücher, 1975.

EMSLEY, J. *Molecules at Exhibition*. Oxford: Oxford University Press, 1998.

____. *The Elements*. Oxford: Clarendon Press, 1991.

GEPEQ – Grupo de Pesquisa para o Ensino de Química. *Interação e transformação:* química para o 2.º grau. Vol. I, II e III: livro do aluno e guia do professor. São Paulo: Edusp, 1998.

GOBERT, J. P. *The Conquest of Water*. Princeton: Princeton University Press, 1986.

HILL, J. W.; BAUM, S. J.; FEIGL, D. M. *Chemistry and Life:* an Introduction to General, Organic and Biological Chemistry. 5th ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall, 1997.

____.; PETRUCCI, R. H. *General Chemistry, an Integrated Approach*. New Jersey: Prentice-Hall, 1999.

LASZLO, H. et al. *Química de alimentos*. São Paulo: Nobel, 1986.

LEISCESTER, H. M. *Historical Background of Chemistry*. New York: Dover, 1981.

LIDE, D. R. (Ed.). *Handbook of Chemistry and Physics*. 79th ed. Ohio: CRC, 1999.

LUTFI, M. *Cotidiano e educação em Química:* os aditivos em alimentos como proposta para o ensino de Química no segundo grau. Ijuí: Unijuí, 1988.

____. *Os ferrados e os cromados:* produção social e apropriação privada do conhecimento químico. Ijuí: Unijuí, 1992.

MALDANER, O. A. *Química 1:* construção de conceitos fundamentais. Ijuí: Unijuí, 1992.

MOL, G. de S.; SANTOS, W. L. P. dos (Coord.) et al. *Química na sociedade*. Brasília: Ed. da UnB, 1999.

MORTIMER, E. F. *Introdução ao estudo da Química:* propriedades dos materiais, reações químicas e teoria da matéria. 4. ed. Belo Horizonte: Foco/Cecimig, 2000.

____.; MACHADO, A. H. *Introdução ao estudo da Química:* transformações, energia e ambiente. 2. ed. Belo Horizonte: Foco/Cecimig, 2000.

O'CONNOR, R. *Fundamentos de Química*. São Paulo: Harbra, 1977.

PARTINGTON, J. R. A *History of Chemistry*. London: Macmillan, 1964.

PRIMAVESI, A. *Manejo ecológico do solo*. São Paulo: Nobel, 1982.

ROCHA-FILHO, R. C. *Grandezas e unidades de medida:* o Sistema Internacional de Unidades. São Paulo: Ática, 1988.

____.; SILVA, R. R. *Introdução aos cálculos da Química*. São Paulo: McGraw-Hill/Makron Books, 1992.

ROITT, I. et al. *Immunology*. London: Mosdy, 1993.

ROMANELLI, L. I.; JUSTI, R. S. *Aprendendo Química*. Ijuí: nijuí, 1998.

SALTERS *Avanced Chemistry. Chemical Ideas*. Oxford: Heinemann, 1994.

____. *Chemical Storylines*. Oxford: Heinemann, 1994.

SEGRÈ, E. *Dos raios X aos quarks:* físicos modernos e suas descobertas. Brasília: Ed. da UnB, 1980.

SISLER, Harry H. *Estrutura eletrônica, propriedades e a lei periódica*. São Paulo: Polígono, 1970.

SLABAUGH, W. H.; PARSONS, T. D. *Química geral*. São Paulo: LTC, 1982.

SNYDER, C. H. *The Extraordinary Chemistry of Ordinary Things*. New York: John Willey, 1995.

VAN MELSEN, A. G. *From atomos to Atom:* the History of the Concept Atom. Pittsburg: Dusquene University Press, 1952.

Índice remissivo

N

O

P

R

S

T

V

Química 1

ENSINO MÉDIO

Manual do Professor

Sumário

1 O Ensino Médio e esta coleção

REFLETINDO SOBRE O ENSINO DE QUÍMICA "TRADICIONAL"

Para que possamos refletir sobre novas formas de abordagem para o ensino de Química, é fundamental que façamos uma análise de como ele vem sendo ensinado nas escolas brasileiras nos últimos tempos.

Os currículos tradicionais têm enfatizado, na maioria das vezes, aspectos formais da Química, apoiados em uma tendência que vem transformando a cultura química escolar em algo descolado de suas origens científicas e de qualquer contexto social ou tecnológico.

Esses currículos apresentam um número excessivo de conceitos, cuja inter-relação é dificilmente percebida pelos alunos. É muito grande a quantidade de conceitos – ou seria melhor falar em definições? – e procedimentos introduzidos a cada página da maioria dos livros didáticos. Será que o aluno consegue, em tão pouco tempo, compreendê-los e ligá-los logicamente numa estrutura mais ampla que dê significado à aprendizagem da Química? Ou será que fica a impressão nos alunos de se tratar de uma ciência totalmente desvinculada da realidade, que requer mais memória que o estabelecimento de relações?

Visão de aprendizagem

Qual é a visão de aprendizagem subjacente aos currículos que enfatizam o ensino de conceitos? Se a aprendizagem é vista como dependente da interação entre estrutura conceitual e contexto de utilização, é possível pensar uma estrutura conceitual mínima que orientaria um currículo? Por que essa estrutura permanece oculta na maioria dos currículos e textos didáticos tradicionais?

Nosso ensino de Química tradicional é fruto, na maioria das vezes, de um processo histórico de repetição de fórmulas que são bem-sucedidas do ponto de vista didático – fazer que o aluno aprenda alguns procedimentos relacionados à Química. Muitas vezes, contudo, isso transforma a disciplina num manejo de pequenos rituais.

Distribuir elétrons por níveis, subníveis e orbitais; classificar cadeias carbônicas, substâncias simples e compostas, isômeros, ligações químicas: esses são apenas uns poucos exemplos desses rituais, que muitas vezes resumem-se a relacionar entre si aspectos formais da Química – como fórmulas e classificações. Ao aluno resta tentar achar algum fio oculto que possa desatar esse emaranhado de definições, classificações e fórmulas.

A repetição acrítica de fórmulas didáticas, que dão resultado, acaba por transformar a Química escolar em algo cada vez mais distante da ciência Química e de suas aplicações na sociedade.

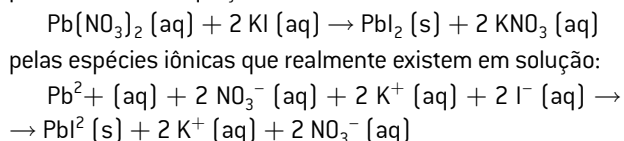
Classificação

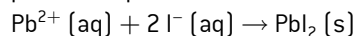
Nossa Química escolar alimenta-se principalmente da tradição, o que explica, por exemplo, que se encontrem conceitos e sistemas de classificação semelhantes em livros de 1830 e nos atuais. Um exemplo é a classificação das reações (ou equações?) químicas em dupla troca, simples troca ou deslocamento, etc. Esse sistema baseia-se no dualismo eletroquímico de Berzelius (1812)[1]. As reações de dupla troca ($AB + CD = AD + CB$) e de deslocamento ($AB + C = CB + A$) ocorreriam porque um radical mais eletropositivo deslocaria o radical menos eletropositivo.

A partir da teoria de dissociação eletroquímica de Arrhenius (1883), as reações em meio aquoso não poderiam mais ser pensadas com dupla troca ou deslocamento, pois todas as espécies em solução estariam dissociadas e não haveria trocas ou deslocamentos, mas combinações entre íons para formar, por exemplo, sais pouco solúveis. Por exemplo, ao representarmos a equação:

$Pb(NO_3)_2\ (aq) + 2\ KI\ (aq) \rightarrow PbI_2\ (s) + 2\ KNO_3\ (aq)$

pelas espécies iônicas que realmente existem em solução:

$Pb^2+\ (aq) + 2\ NO_3^-\ (aq) + 2\ K^+\ (aq) + 2\ I^-\ (aq) \rightarrow$
$\rightarrow PbI^2\ (s) + 2\ K^+\ (aq) + 2\ NO_3^-\ (aq)$

desaparece a ilusão da dupla troca, pois os íons potássio e nitrato nem participam da reação, apenas permanecem em solução aquosa. A reação poderia ser representada simplesmente por:

$Pb^{2+}\ (aq) + 2\ I^-\ (aq) \rightarrow PbI_2\ (s)$

Ao tratar a Química unicamente do ponto de vista formal, o ensino tradicional deixa de lado os fenômenos reais. Nessa Química de quadro-negro tudo é possível, desde a reação entre dióxido de carbono e água para formar ácido carbônico (que ocorre apenas em pequenas proporções nas condições atmosféricas) até a "reação" entre dióxido de silício e água, para formar ácido silícico, que, se ocorresse nas condições atmosféricas, levaria a crosta terrestre, formada principalmente por silicatos, literalmente por água abaixo.

Ao lado dessas classificações obsoletas permanecem outras sem nenhuma aplicação científica ou tecnológica, como a classificação de pares de espécies atômicas como isóbaros ou isótonos.

A ênfase nas classificações baseia-se na ideia de que os conceitos podem ser definidos por atributos essenciais e acessórios. Segundo essa lógica, um determinado conceito

[1] Lopes, A. R. C. *Química Nova na Escola*, 1995. n. 2.

pertence a uma classe e compartilha, com todos os membros dessa classe, os mesmos atributos essenciais. Assim, todos os fenóis compartilham o fato de possuírem um grupo hidroxila (—OH) ligado ao anel de benzeno. Esses são os atributos essenciais da classe "fenóis". Com base nessa mesma lógica classificam-se as ligações em iônicas, covalentes e metálicas; as substâncias, em simples e compostas; as reações, em dupla troca, simples troca, decomposição, síntese, etc.

A esses exemplos somam-se inúmeros outros, presentes no ensino de Química, em que regras práticas, como a do octeto e a de distribuição eletrônica, ou ainda as regras para determinar os números quânticos de um determinado elétron, passam a ocupar o lugar dos princípios químicos que lhes deram origem.

Os currículos tradicionais assumem que essas classificações são, de certa forma, absolutas e que aprender Química é principalmente aprender a classificar.

Conceitos ou definições?

Na maioria dos currículos chamados "tradicionais", os conceitos são confundidos com definições, que o aluno passa a usar de maneira mecânica em problemas de tipos bem determinados.

O conceito de densidade, por exemplo, é introduzido, na maioria dos livros utilizados no Ensino Médio, por uma única linha em que se apresenta a fórmula da densidade, como $d = m/V$. A seguir, sugerem-se exercícios envolvendo a aplicação direta dessa fórmula, nos quais os valores de duas das variáveis são fornecidos, bastando usar a fórmula para se encontrar o valor da terceira variável.

Dessa maneira, quando solicitamos ao aluno que explique o funcionamento dos densímetros, usados em postos de gasolina para determinar se o álcool vendido como combustível está dentro das especificações, descobrimos que, na maioria das vezes, ele não é capaz de reconhecer que esse problema pode ser resolvido usando o "conceito" de densidade. Na verdade, esse aluno não aprendeu um conceito, mas apenas sua definição, já que um conceito implica, ao mesmo tempo, a relação com objetos e com outros conceitos.

Aprender a usar a definição de densidade não implica a aprendizagem do conceito, que só será possível após a aplicação do conceito a diferentes fenômenos, nos quais as relações entre densidade e outros conceitos vão se tornando explícitas.

Conhecimento ritual e conhecimento de princípios

É importante, para a compreensão de nossa proposta, a distinção entre **conhecimento ritual**, ou de procedimentos, e **conhecimento de princípios**[2]. Conhecimento ritual é um tipo particular de conhecimento relacionado aos procedimentos, ao saber fazer alguma coisa. O conhecimento de princípios é essencialmente explicativo, orientado para o entendimento de como os procedimentos e os processos funcionam, por que certas conclusões são válidas e necessárias.

Em muitos contextos, obviamente, os procedimentos são inteiramente adequados e necessários. Os procedimentos tornam-se rituais quando passam a ser um substituto para o entendimento dos princípios subjacentes. Parece-nos que isso é exatamente o que vem ocorrendo com vários tópicos no ensino de Química. No caso particular da regra do octeto, por exemplo, esse **procedimento**, útil para a previsão da valência e das fórmulas de compostos de elementos típicos da tabela periódica, se transforma num **ritual**, um verdadeiro dogma para explicar a estabilidade dos compostos químicos, substituindo **princípios** mais gerais, como as variações de energia envolvidas na formação de ligações entre os átomos. Esse e outros fatos contribuem para aprofundar a má fama da Química entre os estudantes do Ensino Médio: algo desinteressante e sem sentido, que apenas exige esforço de memória.

Visão de ciência

O ensino de ciências, de uma maneira geral, tem reforçado a visão da ciência como algo estático, um conjunto de verdades imutáveis, de estruturas conceituais congeladas no tempo. Muitas vezes, não tem nenhuma relação com os contextos históricos, sociais e tecnológicos em que a ciência é construída e aplicada. A ausência de fenômenos não favorece a percepção da natureza das construções teóricas e dos modelos científicos, como construções matemáticas e discursivas para interpretação e descrição de uma realidade muito mais complexa.

A ausência de diálogo entre a realidade criada pela ciência e a realidade da vida cotidiana, entre a linguagem científica e a linguagem cotidiana, não possibilita ao aluno rever seu conhecimento à luz das novidades que aprende nas aulas de Química. Não há, também, diálogo entre as teorias científicas e os fenômenos, entre os princípios científicos e os contextos sociais e tecnológicos em que eles se materializam.

Tudo isso torna a ciência escolar algo desinteressante e sem sentido para a grande maioria dos estudantes. Ao fracassarem nas disciplinas de Física, Química e Biologia no Ensino Médio, os alunos internalizam a incapacidade e o discurso de que a ciência é para alguns poucos iluminados.

O papel do experimento

No ensino tradicional, o experimento, quando existe, é geralmente separado da teoria e serve apenas para comprová-la. As aulas práticas envolvem procedimentos muito bem definidos, que o aluno segue como uma receita para chegar a um resultado que já sabe qual é, antes mesmo de iniciar o experimento. Não há espaço para dúvidas, erros,

[2] Para a discussão sobre as questões de rituais e princípios no ensino, consulte: EDWARDS, D.; MERCER, N. *Common Knowledge* – The development of understanding in the classroom. London: Routledge, 1987.
MORTIMER, E. F.; MOL, G. S.; DUARTE, L. P. *Química Nova*, 1994. n. 17. p. 243.

acaso e intuição. Os resultados, muitas vezes, são forjados para adaptá-los ao que estava previsto em teoria.

Além disso, a principal função atribuída ao experimento é aumentar a motivação dos alunos, envolvê-los mais com a matéria. Estudos mostram que nem sempre isso acontece e que os alunos consideram esse tipo de aula experimental desinteressante.

FUNDAMENTOS DA NOSSA PROPOSTA: UM ENSINO DE QUÍMICA INOVADOR

Explicitamos, até o momento, como compreendemos alguns aspectos do ensino tradicional de Química. Vamos, agora, explicitar nossas formas de conceber a abordagem da Química no Ensino Médio. O que apresentamos aqui são ideias resumidas, e seria desejável que você ampliasse sua compreensão sobre os processos envolvidos na aprendizagem e no ensino da Química, até para poder se posicionar com mais consciência sobre nossas ideias e reflexões. Estamos indicando vários textos de outros autores que podem auxiliar você a aprofundar seus conhecimentos.

Aspectos fundamentais do processo ensino-aprendizagem

Nossa formação como professores de Química e pesquisadores na área de Educação Química nos possibilitou o contato com muitos trabalhos científicos na área, elaborados no Brasil e no exterior. Várias dessas ideias foram inspiradoras para a elaboração desta proposta de abordagem que estamos apresentando a você. Procuramos destacar aquelas ideias que fundamentam nossas opções teórico-metodológicas.

Valorizar o pensamento dos alunos: contribuições do construtivismo

O construtivismo tem sido já bastante divulgado entre nós, professores de Química, como uma possibilidade interessante e inovadora para lidar com a questão da construção do conhecimento em sala de aula. Ao trabalharmos com professores que utilizam nosso material em suas aulas, uma pergunta é muito frequente: esse material é construtivista? Certamente, algumas ideias construtivistas fundamentam nossa proposta de trabalho com conceitos químicos, mas ela inclui muitas outras contribuições.

O construtivismo, visto como uma teoria da aprendizagem, tem sido um marco importante na forma de conceber o ensino de ciências. Apesar da diversidade de concepções que pode abarcar, pelo menos dois pressupostos podem ser reconhecidos como gerais:

> *O conhecimento não é transmitido, mas construído ativamente pelos indivíduos; e aquilo que o sujeito já sabe influencia na sua aprendizagem.*

Uma ideia importante é que as concepções trazidas pelos alunos para as salas de aula de ciências são muito diferentes daquelas "cientificamente aceitas" e que isso interfere na aprendizagem dos conceitos científicos. Muitas vezes, esse fato é evidenciado nas dificuldades dos estudantes para internalizar modelos explicativos da ciência e aplicá-los corretamente. Essa contribuição do construtivismo é importante, pois, para nós, é fundamental considerarmos as ideias dos estudantes em nossas aulas. Assim, com o nosso livro, os alunos são estimulados a explicitar como estão pensando e a confrontar seu pensamento com a forma de pensar da ciência.

Outras contribuições construtivistas importantes estão relacionadas à proposição de uma aprendizagem ativa, na qual os alunos estão sempre engajados em atividades experimentais, em discussões em grupo e em discussões conduzidas pelo professor. Nosso livro propõe, como regra geral, o trabalho em grupos em torno de atividades que envolvem fenômenos químicos, teorias e representações.

Aprender Química: introdução a uma forma diferente de ver o mundo

Nossas ideias sobre o que está envolvido na elaboração do conhecimento químico avançam um pouco em relação às contribuições construtivistas. Buscando incorporar contribuições mais recentes, destacamos um artigo publicado em 1994 por um grupo de pesquisadores, liderados pela Prof.ª Rosalind Driver, que aponta um redimensionamento fundamental a ser considerado em nossas percepções sobre o aprender ciências:

> *[...] Aprender ciências não é uma questão de simplesmente ampliar o conhecimento dos jovens sobre os fenômenos – uma prática talvez denominada mais apropriadamente como estudo da natureza – nem de desenvolver ou organizar o raciocínio do senso comum dos jovens.* ***Aprender ciências requer mais do que desafiar as ideias anteriores dos alunos, através de eventos discrepantes. Aprender ciências requer que crianças e adolescentes sejam introduzidos numa forma diferente de pensar sobre o mundo natural e de explicá-lo.***

Driver, Asoko, Leach, Mortimer e Scott, 1994.

O que seria essa "introdução a uma forma de pensar sobre o mundo natural e de explicá-lo"? Que movimentos, que processos constituem a construção dessa outra forma de pensar? Como é possível desenvolver isso nos alunos? Se aprender ciências implica a elaboração de novas formas de pensar, o que implicaria o ensinar ciências?

Uma pesquisadora mexicana, Antônia Candela (1995), propõe que:

> *[...] a construção do conhecimento científico para professores e alunos implica, além de apropriar-se dos padrões temáticos [...] a apropriação dos recursos discursivos, das maneiras de falar, de argumentar, debater e legitimar esse conhecimento e, em particular, os fatos científicos.*

Candela, 1995, p. 15.

Então podemos pensar que o discurso, a linguagem, desempenha um papel importante em uma aula de Química. Mas o que está envolvido nessas relações entre a construção do conhecimento e o discurso?

Investigações por nós realizadas evidenciam que os discursos que circulam nas salas de aula são fundamentais para a elaboração de uma certa forma de falar e pensar sobre o mundo, usando a Química.

Nas interações que ocorrem em uma sala de aula, vários discursos estão circulando: do livro didático, do professor, dos colegas, dos fatos experimentais, do senso comum e da mídia.

Na nossa perspectiva, toda compreensão é ativa. Poderíamos então dizer que, ao tentar atribuir sentido ao que está aprendendo, o aluno vai formular suas próprias "respostas", suas próprias maneiras de combinar aquilo que está sendo ensinado com o que já sabia.

Então, podemos perguntar: mas o que será incorporado pelos alunos? Resposta: os discursos e as visões de mundo que circularam durante as atividades propostas, as aulas do professor, a discussão com os colegas, as leituras, etc.

Interagindo e dialogando em sala de aula

E como nós, professores, podemos ter algum controle sobre esse processo de incorporação de vários discursos e visões de mundo que circulam na sala de aula?

Em primeiro lugar, é preciso pensar nas oportunidades que podemos criar para que essas muitas perspectivas entrem em contato umas com as outras, sejam explicitadas e possam contribuir para modificar e enriquecer os significados do que se diz e pensa sobre a Química.

Para isso, não basta interagir com os alunos, permitir que eles falem ou expressem suas maneiras de pensar, suas próprias visões de mundo. Para que o aluno possa dar sentido ao que apreende, o professor precisa também contemplar essas formas de pensar no seu próprio discurso, possibilitando ao aluno comparar suas formas de pensar e falar com as do professor, colegas, livros, etc. Isso é mais do que interagir com os alunos, é **dialogar com suas maneiras de ver o mundo**. Se nós simplesmente ouvimos a forma de pensar dos alunos para dizer que está errada ou para ignorá-la, podemos até achar que estamos dialogando, mas esse diálogo não é real, pois não contempla a forma como o aluno pensa. Acreditamos que, para implementar essa **perspectiva dialógica** em sala de aula, é necessário também contemplar a visão de mundo implícita na linguagem cotidiana e nos contextos sociais e tecnológicos em que a ciência se materializa.

Uma aula expositiva ou um texto também podem ser profundamente dialógicos, desde que contemplem explicitamente essas outras perspectivas. Essa ideia também se aplica à atividade experimental, que pode, dessa maneira, ser caracterizada como um diálogo entre teoria e prática. Podemos dizer, então, que, em nossa proposta, assumimos que aula de Química é muito mais que um tempo durante o qual o professor vai dedicar-se a ensinar Química, e os alunos, a aprender alguns conceitos e desenvolver algumas habilidades.

> *Aula de Química é espaço de construção do pensamento químico e de (re)elaborações de visões de mundo; nesse sentido, é espaço de constituição de sujeitos que assumem perspectivas, visões e posições nesse mundo – sujeitos que aprendem várias formas de ver, de conceber e de falar sobre o mundo.*

Valorizar formas diferentes de pensar o mundo: o perfil conceitual

As diferentes formas de ver, conceber e falar sobre o mundo podem ser pensadas como diferentes formas de conhecimento, que correspondem a diferentes realidades. Entre essas múltiplas realidades, há uma que se apresenta como a realidade por excelência: aquela da vida cotidiana. Quando alguém desloca sua atenção dessa realidade cotidiana para, por exemplo, o conhecimento científico, uma mudança radical tem lugar em sua consciência. Mesmo quando esse tipo de mudança radical tem lugar, contudo, a realidade da vida cotidiana ainda marca sua presença. Para falar dessas diferentes realidades, usamos linguagens variadas, mas todas elas são construídas com base na linguagem da vida cotidiana. Mesmo que se possam usar linguagens mais sofisticadas – como a Matemática e a Química –, é preciso que se estabeleçam relações entre as diferentes realidades, possibilitando sua coexistência num mesmo sujeito que vive num mundo tão diversificado.

A própria ciência não é homogênea e pode oferecer múltiplas formas de ver o mundo. Essas ideias podem conviver em uma mesma pessoa, sendo usadas em contextos independentes e não relacionados. Não precisamos de uma noção científica do atomismo para lidarmos com materiais sólidos, líquidos e gasosos no cotidiano. A humanidade, no entanto, precisou de uma noção científica de átomo para produzir ciência e tecnologia, e um dos papéis da escola é promover a enculturação nessas noções científicas.

A própria noção de átomo não é única. Nós, químicos, lidamos com o átomo como uma esfera rígida e indivisível em várias de suas explicações para as propriedades das substâncias. As próprias fórmulas estruturais representam os átomos dessa forma. Esse modelo, porém, não é suficiente para explicar vários fenômenos, como a reatividade química. Nesses contextos, lançamos mão de modelos mais sofisticados, incluindo os modelos da mecânica quântica.

Essa diversidade de visões para um mesmo conceito é o que chamamos de **perfil conceitual**.

Uma mesma pessoa pode ter várias formas de pensar e falar sobre um mesmo conceito, e usá-las em diferentes contextos. Essas diferentes formas vão desde aquelas muito

ligadas à vida cotidiana, impregnadas de realismo e de percepção sensorial imediata, até as muito sofisticadas, que expressam a realidade em termos puramente matemáticos. Entre esses extremos, há várias formas mais racionais de ver o mundo, em que a realidade imediata pode ser problematizada por meio de experiências empíricas ou deduzida de relações matemáticas entre diferentes variáveis. Essas diversas formas de ver o mundo podem ser pensadas como diferentes zonas num perfil conceitual.

O conceito de massa nos ajuda a entender essa heterogeneidade conceitual. Na vida cotidiana, usamos a palavra "massa" para designar coisas grandes e pesadas. Falamos de uma "massa de ouvintes", uma "massa de ar frio" que se aproxima ou até de uma "massa bruta". Em todos esses casos, a massa é grande e pesada. Nesse sentido, "massa" está impregnada de realismo e impressões sensoriais, e seria um contrassenso pensar na massa de uma coisa tão pequena como um elétron. Quando usamos uma balança, nossa concepção de massa parece se refinar e começamos a expressar esse conceito com base em uma experiência empírica. A balança de precisão permite determinar a massa de alguns poucos miligramas.

Nessa zona do perfil conceitual, o conceito de massa se liberta do realismo imediato. Se a humanidade, porém, tivesse se restringido a esses primeiros conceitos, nunca teria sido capaz de determinar a massa da Terra ou de um elétron. Afinal, não há balança que o faça. Para explorar a massa desses objetos, muito grandes ou muito pequenos, foi necessário conceber o conceito numa nova zona do perfil, em que ele faz parte de uma relação racional entre conceitos, que pode ser expressa por uma fórmula matemática. Nesse sentido, podemos pensar a massa como a relação entre densidade e volume, ou entre aceleração e força, dentre tantas possibilidades. A mente humana, contudo, foi capaz de ir ainda mais longe. Numa zona mais complexa ainda, a massa pode ser pensada como relativa. Para objetos se deslocando a uma velocidade próxima à da luz, a massa pode variar com a velocidade do objeto.

É interessante notar que, à medida que se percorre esse perfil conceitual, qualquer conceito vai se tornando mais complexo e também mais racional. Além disso, a parte "realista" desse perfil pode ser relacionada às concepções cotidianas que as pessoas possuem, muitas vezes independentemente da formação escolar.

> *Aprender, segundo essa visão, é adquirir novas zonas de um perfil conceitual qualquer e tomar consciência desse perfil.*

À medida que o aluno toma consciência de seu perfil conceitual, mesmo que inicialmente esse perfil contenha apenas umas poucas formas diferenciadas de ver e construir o mundo discursivamente, ele estará apto a perceber a dinâmica do conhecimento e admitir uma diferenciação ainda maior desse perfil no futuro, com a aprendizagem de conceitos mais sofisticados.

Se o aluno aprender que a descrição científica do calor como energia, proporcional à **diferença de temperatura**, é complementar à sua ideia cotidiana de calor como substância, proporcional à **temperatura**, ele estará reconhecendo a existência de noções complementares que constituem, nesse momento, seu perfil para o conceito de calor. Se as noções são complementares, existem contextos em que uma das ideias é mais apropriadamente aplicável. O conjunto desses contextos diferenciados, que constituem a realidade em seus múltiplos níveis, só pode ser entendido por meio dessa perspectiva complementar.

Afinal, chegar numa loja e pedir uma blusa de lã bem quente continuará a ser mais apropriado do que pedir um agasalho feito de um bom isolante térmico que impeça que o corpo troque calor com o ambiente. Por outro lado, se sabemos que esse "quente" da lã não significa que ela pode ser usada para esquentar um cafezinho – afinal, a lã não é uma fonte de calor –, estamos expressando a consciência desse perfil conceitual de calor, usando as ideias científicas e cotidianas numa perspectiva de complementaridade.

Visão de ciências

Em nosso livro, procuramos mostrar a ciência como uma construção humana, sujeita à influência de fatores sociais, econômicos e culturais de seu tempo. Para isso, sempre que possível, abordamos fatos históricos que contribuíram para as mudanças nos paradigmas aceitos em determinada época, trazendo o próprio discurso dos cientistas para ilustrar essas mudanças, quando isso é apropriado. Essa abordagem tem por finalidade mostrar que a ciência não é um corpo de conhecimentos acabado, mas é dinâmica. Suas teorias estão sempre sujeitas a refutações, e esse processo é influenciado pelo desenvolvimento tecnológico e pelo aparecimento de novos fatos. O processo é também social, no sentido de que uma nova ideia, por mais racional que seja, só será aceita se convencer a maioria dos cientistas. Um exemplo que discutimos no capítulo 6 do volume 1 é a hipótese atômica, que só foi totalmente aceita no final do século XIX, apesar de ter fornecido a principal via de progresso da Química nesse século.

Aprender Química é também aprender sobre a natureza dessa ciência, seus processos de investigação e seus métodos. Nesse sentido, é importante que nós, professores, chamemos a atenção para aspectos relacionados à natureza da ciência, destacando as formas como o conhecimento é produzido, as estratégias de verificação de hipóteses, as incertezas associadas às medidas, a forma como são determinadas as propriedades específicas de substâncias e materiais, etc.

SELEÇÃO E ORGANIZAÇÃO DE CONTEÚDOS: FOCOS DE INTERESSE DA QUÍMICA

Vivemos em uma época na qual tem sido muito comum o uso de materiais sofisticados, destinados a atividades cada vez mais específicas. A sociedade tecnológica exige das ciências dos materiais respostas precisas e específicas às suas demandas. A Química, ciência fundamental na concepção de novos materiais, pode oferecer respostas a essa diversidade de demandas, pelo conhecimento sobre a constituição, propriedades e transformações das substâncias. A produção e a utilização dos materiais têm, entretanto, provocado diversos problemas ambientais. Essa é uma preocupação recente e representa um desafio também para os químicos.

Para contemplar o pensamento do aluno e os diferentes contextos nos quais a Química é relevante, é necessário que o programa seja bem dimensionado em relação à quantidade de conceitos a serem abordados e que promova o desenvolvimento dos conceitos científicos. Trabalhar com um número excessivo de conceitos, como acontece nos currículos tradicionais, tem como pressuposto que aprender Química é somente aprender o conteúdo químico.

Nossa proposta de Química para o Ensino Médio busca contemplar aspectos conceituais fundamentais que permitam a compreensão da constituição, das propriedades e das transformações dos materiais, destacando implicações sociais relacionadas à sua produção e ao seu uso.

A Química tem como objetos de investigação as propriedades, a constituição e as transformações dos materiais e das substâncias. O triângulo 1 representa as inter-relações entre os objetos e os focos de interesse da Química.

Triângulo 1

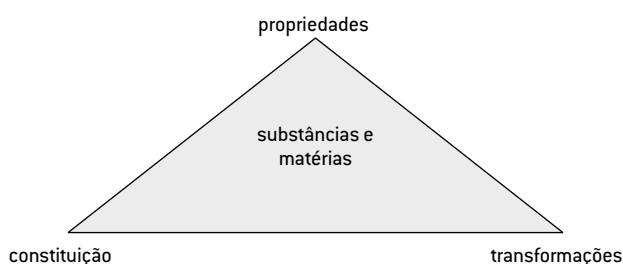



Figura MP.1 Focos de interesse da Química.

O conhecimento das substâncias e dos materiais diz respeito às suas propriedades, como dureza, ductibilidade, temperaturas de fusão e ebulição, solubilidade, densidade e outras passíveis de serem medidas e que possuem uma relação direta com o uso que se faz dos materiais. Para compreender o comportamento dos materiais, alguns conhecimentos químicos são importantes: aqueles que envolvem os diversos modelos para o átomo e como esses átomos interagem para formar moléculas e íons, e ainda como essas moléculas, átomos e íons se agrupam para formar as substâncias e os materiais que conhecemos. Esses conhecimentos oferecem subsídios para a compreensão, o planejamento e a execução das transformações dos materiais. Estabelecer inter-relações entre esses três aspectos nos parece fundamental, para que se possam compreender vários tópicos de conteúdo químico.

Formas de abordar os conceitos químicos

Do ponto de vista didático, é útil distinguir três aspectos do conhecimento químico: **fenomenológico**, **teórico** e **representacional**.

O aspecto **fenomenológico** diz respeito aos fenômenos de interesse da Química, sejam aqueles concretos e visíveis, como a mudança de estado físico de uma substância, sejam aqueles a que temos acesso apenas indiretamente, como as interações radiação-matéria que não provocam um efeito visível, mas podem ser detectadas na espectroscopia. Os fenômenos da Química não se limitam àqueles que podem ser reproduzidos em laboratório. Os fenômenos também podem estar materializados nas atividades sociais, como nos supermercados, nos postos de gasolina, nas farmácias, entre outros. São as relações sociais que o aluno estabelece por meio dessa ciência que dão significado à Química do seu ponto de vista, pois mostram que ela está na sociedade, no ambiente. Além disso, quando nós, professores, retomamos fenômenos já estudados ou vividos em sala de aula, possibilitamos que o aluno participe da conversa, pois passamos a falar de algo que eles compartilham conosco. A abordagem do ponto de vista fenomenológico também pode contribuir para promover habilidades específicas, tais como controlar variáveis, medir, analisar resultados, elaborar gráficos, etc.

O aspecto **teórico** relaciona-se a informações de natureza atômico-molecular, envolvendo, portanto, explicações baseadas em modelos abstratos e que incluem entidades não diretamente observáveis, como átomos, moléculas, íons e elétrons.

Os conteúdos químicos de natureza simbólica estão agrupados no aspecto **representacional**, que compreende informações inerentes à linguagem química, como fórmulas e equações químicas, representações dos modelos, gráficos e equações matemáticas.

O triângulo 2 representa as inter-relações entre esses aspectos do conhecimento químico.

Triângulo 2

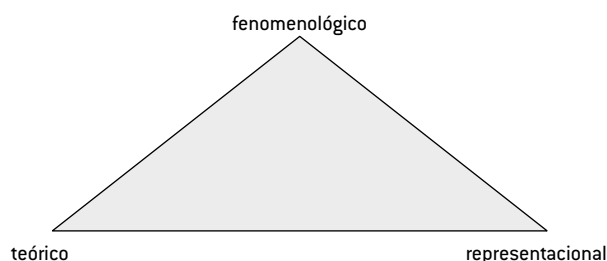



Figura MP.2 Aspectos do conhecimento químico.

A maioria dos currículos tradicionais e dos livros didáticos enfatiza sobremaneira o aspecto representacional, em detrimento dos outros dois.

A ausência dos fenômenos nas salas de aula pode fazer que os alunos tomem por "reais" as fórmulas das substâncias, as equações químicas e os modelos para a matéria. É necessário, portanto, que os três aspectos compareçam igualmente. A produção de conhecimento na Química resulta sempre de uma dialética entre teoria e experimento, pensamento e realidade, mesmo porque não existe atividade experimental que não ofereça mais de uma possibilidade de interpretação. Ainda que o aluno não conheça a teoria científica necessária para interpretar determinado fenômeno ou resultado experimental, ele o fará com suas próprias teorias implícitas, suas ideias de senso comum, pois todo processo de compreensão é ativo. Para que a interpretação do fenômeno ou resultado experimental faça sentido para o aluno, é desejável manter essa tensão entre teoria e experimento, percorrendo constantemente o caminho de ida e volta entre os dois aspectos.

O aspecto **representacional** também resulta dessa tensão, fornecendo as ferramentas simbólicas para representar a compreensão resultante desses processos de idas e vindas entre teoria e experimento. É importante ressaltar que, nesta proposta, o conceito de fenômeno e de experimento ultrapassa a dimensão do laboratório. Ir ao supermercado, fazer uma visita, investigar a corrosão do portão da garagem também são atividades que se caracterizam pela ação de experienciar, vivenciar, em geral de forma sistematizada. No caso das atividades de laboratório, são desenvolvidas habilidades específicas como as já citadas – controlar variáveis, organizar dados em quadros e construir gráficos, entre outras. Um experimento pode cumprir também o papel de mostrar essa forma de pensar em Química, em que teoria e realidade estão em constante interlocução. O aluno pode ser levado a formular hipóteses, desenvolver formas de testá-las, modificá-las de acordo com os resultados, etc. No caso das demais atividades, o aluno tem oportunidade de desenvolver essas mesmas habilidades e outras, como experienciar a forma como os conceitos químicos estão funcionando nas relações sociais.

A visão da Química como atividade hipotético-dedutiva privilegia os aspectos já citados, como formular e testar hipóteses.

Estudos em Sociologia da ciência revelam, no entanto, que o cerne da prática científica cotidiana é a resolução de problemas abertos. Ao encaminhar a solução de determinada questão, o cientista vai deparando com uma série de outros problemas. Um problema aberto não tem uma solução única e demanda do cientista avaliações constantes de custo e benefício, de riscos e de escolha de caminhos alternativos. Na abordagem por resolução de problemas, a intuição desempenha um papel fundamental nas tomadas de decisão. Esse aspecto pode ser uma ferramenta importante para o aluno em todos os setores da atividade produtiva, e não apenas naqueles ligados à Química.

O enfoque contextual sugerido nesta obra pretende privilegiar a resolução de problemas abertos, nos quais o aluno deverá considerar não só aspectos técnicos como também sociais, políticos, econômicos e ambientais, o que resulta numa demanda por abordagens interdisciplinares no Ensino Médio. **Nossa preocupação, ao ressaltar esses aspectos, é formar cidadãos**. A Química pode fornecer ao aluno instrumentos de leitura do mundo e, ao mesmo tempo, desenvolver certas habilidades básicas para ele viver em sociedade.

Instâncias de abordagem: o conceitual e o contextual

Os currículos tradicionais, ao privilegiar aspectos conceituais da Química, têm como pressuposto a ideia de que a aprendizagem de conceitos antecede qualquer possibilidade de aplicação dos conhecimentos químicos. Além disso, supõe-se que a abordagem desses conceitos deva ser exaustiva. Por exemplo, o conceito de molécula só poderia ser introduzido quando se esgotasse o ensino do conceito átomo, tendo-se abordado todos os modelos atômicos, inclusive o atual. Dessa forma, há uma cadeia linear de pré-requisitos que deve ser seguida.

O pressuposto de que se deve, no ensino, esgotar um conceito para poder aplicá-lo pode ser questionado, pois é justamente nas aplicações que se explicitarão as relações a serem estabelecidas entre os conceitos. Além disso, existem tendências na Psicologia contemporânea que consideram os conceitos inseparáveis dos contextos de aplicação, uma vez que o aluno tende a recuperar conceitos a partir desses contextos de aplicação, e não no vazio. Nesse sentido, nossa obra aborda os conceitos químicos diretamente relacionados aos contextos de aplicação. Para cada tema, duas instâncias de abordagem estarão presentes: a conceitual e a contextual. O objetivo é promover uma tensão dialética, no sentido de que, se um tema for predominantemente conceitual, de certa forma, é o conceito que organiza a estrutura de abordagem. Se o tema é mais contextual, é o contexto que organiza os desdobramentos conceituais.

Para que isso seja possível, é necessário eleger alguns grandes temas que orientarão a seleção dos conceitos mais relevantes. Nesta obra, esses temas são as propriedades, a constituição e as transformações dos materiais e substâncias.

A abordagem de conceitos ligados aos contextos de aplicação, como estamos propondo, não necessariamente precisa seguir uma cadeia linear de pré-requisitos, pois a realidade não se estrutura dessa maneira. **Os conceitos podem ser abordados em diferentes momentos e níveis de profundidade**. A exemplo dos golfinhos no oceano, os con-

ceitos emergem, submergem e emergem novamente em diferentes momentos do curso. Esse movimento vai assegurar um aprofundamento progressivo, mais próximo à realidade dos fenômenos e das aplicações da Química.

Esses princípios se traduzem numa abordagem dos conceitos mais horizontal e qualitativa nos capítulos do primeiro volume, numa verticalização e aprofundamento nos capítulos do segundo volume e numa nova ampliação para o estudo de temas no terceiro volume.

> *Isso significa que, inicialmente, os alunos discutirão temas que envolvem a compreensão de princípios fundamentais da Química com uma ênfase qualitativa, tendo em vista prover uma base para o aprofundamento tanto dos conceitos como das aplicações. Na sequência, propomos um aprofundamento do estudo de temas químicos, incluindo aspectos quantitativos.*

Linguagem comum e linguagem científica

Nossa obra está organizada para possibilitar uma interação entre o discurso científico da Química e o discurso cotidiano. Para que isso aconteça, porém, é preciso que o discurso científico faça sentido para o aluno. Em nossa concepção, isso poderia ser alcançado tanto problematizando suas ideias informais quanto criando contextos que sejam significativos para ele. É importante percebermos com clareza que a linguagem científica tem características próprias que a distinguem da linguagem comum. Essas características não foram inventadas em um momento determinado. Ao contrário, foram sendo estabelecidas ao longo do desenvolvimento científico, como forma de registrar e ampliar o conhecimento. Essas características, muitas vezes, tornam a linguagem científica estranha e difícil para os alunos. Reconhecer essas diferenças implica admitir que a aprendizagem da ciência é inseparável da aprendizagem de sua linguagem.

É interessante estabelecer uma tipologia que nos ajude a caracterizar, por um lado, a linguagem comum e, por outro, a linguagem científica. Acreditamos que exista um contínuo entre esses dois extremos.

Enquanto na linguagem comum predominam narrativas que relatam sequências lineares de eventos, a linguagem científica congela os processos, transformando-os em grupos nominais que são então ligados por verbos que exprimem relações entre esses processos. A linguagem científica é, portanto, predominantemente estrutural, enquanto a linguagem cotidiana é linear, apresentando uma ordem sequencial que é estabelecida e mantida.

> *Na linguagem científica, o agente em geral está ausente, o que faz que ela seja descontextualizada, sem a perspectiva de um narrador. Na linguagem cotidiana, o narrador está sempre presente.*

Para exemplificarmos essas distinções, podemos tomar um exemplo de como uma mesma frase poderia ser expressa numa e noutra linguagem. Deve-se observar que a tradução entre um e outro tipo nem sempre é possível, pois as características da linguagem científica correspondem a uma forma diferenciada de se pensar e ver o mundo que essa cultura construiu.

Ao nos referirmos ao modo como o aumento de temperatura afeta a dissolução de açúcar em água no nosso cotidiano, normalmente falamos: *quando colocamos açúcar em água e aquecemos, conseguimos dissolver uma maior quantidade do que em água fria*. Na linguagem científica, expressaríamos esse mesmo fato de uma forma diferente: *o aumento de temperatura provoca um aumento da solubilidade do açúcar*. Note-se que, na primeira frase, o agente (o pronome oculto ***nós***) está presente, os verbos designam ações efetuadas por esse agente e os fatos são apresentados numa ordem sequencial que garante a linearidade do discurso. Já na segunda frase, o agente desapareceu em consequência da nominalização dos processos. Dessa forma, as ações antes designadas por verbos estão embutidas nos grupos nominais *(aumento de temperatura e aumento da solubilidade do açúcar)*. O verbo *(provocar)* não mais indica uma ação, mas uma relação entre os dois processos nominados.

A linguagem cotidiana é automática e muito mais próxima da fala. As pessoas não têm necessidade de refletir a todo momento sobre o que vão dizer. Já a linguagem científica exige uma reflexão consciente no seu uso e aproxima-se muito mais da linguagem escrita.

A linguagem científica substitui os processos, expressos normalmente por verbos, por grupos nominais. "Quanto tempo uma reação química leva para completar-se" transforma-se, pela nominalização, em "velocidade de uma reação química". Isso pode se constituir numa dificuldade para o aluno, acostumado a designar seres e coisas por nomes e processos por verbos. Ao usar a linguagem científica, ele começa a habitar um estranho mundo, em que os processos se transformaram em nomes ou grupos nominais e os verbos não expressam mais ações e sim relações.

Todo esse processo não é algo que foi inventado pelos cientistas em um momento determinado. Esse gênero de discurso foi sendo construído ao longo do desenvolvimento da própria ciência para responder a uma necessidade do discurso científico de progredir passo a passo, com um movimento constante partindo do que já se conhece em direção a uma nova informação. As duas partes ("o que já se conhece" e a "nova informação") têm de ser apresentadas de maneira que sua função no argumento fique clara. A melhor maneira de fazê-lo é agrupando essas duas partes numa única frase. Para isso, as duas partes devem ser transformadas em nomes ou em grupos nominais, e o verbo que se coloca entre elas deve mostrar como a segunda parte ("nova informação") se relaciona com a primeira ("o que já se conhece").

Por exemplo, na frase:

O átomo absorve e emite energia unicamente em quanta, ou unidades discretas. Cada absorção caracteriza uma transição para um estado de maior energia e cada emissão caracteriza uma transição para um estado de menor energia.

No segundo período (sublinhado), cada frase contém:

Uma parte "que já se conhece", nominando o que havia sido dito antes:

o átomo absorve energia ⇒ cada absorção

o átomo emite energia ⇒ cada emissão

Uma parte que contém a "nova informação", também nominada:

a transição para um estado de maior energia/menor energia

Uma relação entre essas duas partes, na forma de um verbo: *caracteriza*.

Na linguagem cotidiana, os processos (ações, eventos, processos mentais) se expressam por verbos; os participantes (pessoas, animais, objetos concretos e abstratos) desses processos se expressam por nomes e substantivos; as circunstâncias (tempo, lugar, modo, causa, condição) se expressam por advérbios e locuções adverbiais; e as relações entre os processos se expressam por conjunções. As dificuldades dos alunos em transitarem entre essas características da linguagem cotidiana e aquelas descritas para a linguagem científica são evidentes em nosso cotidiano como professores.

Esse "diálogo" sempre ocorrerá na sala de aula, mesmo que não haja espaço para sua explicitação, mesmo que ele ocorra apenas na mente do aluno. Essa é uma característica inevitável da natureza dialógica do entendimento. Como a linguagem científica tem uma natureza bastante diferente da linguagem cotidiana, a ausência de explicitação desse diálogo pode levar o aluno a produzir uma amálgama indiferenciada entre conceitos científicos e cotidianos.

> *Transformar a prática de sala de aula numa prática dialógica significa dar voz aos alunos, não apenas para que reproduzam as "respostas certas" do professor, mas para que expressem sua própria visão de mundo.*

Como a linguagem científica escolar e a linguagem cotidiana representam diferentes registros, correspondentes a diferentes grupos sociais, é fundamental que o aluno perceba que essa diferença não se restringe a um vocabulário técnico, presente numa linguagem e ausente na outra, mas se traduz em formas radicalmente diferentes de construir a realidade.

> *Trazer a linguagem cotidiana para a sala de aula, na voz do aluno, não com o objetivo de substituí-la pela linguagem científica, mas para mostrar que essas duas formas de conhecer o mundo são complementares, abre a possibilidade de que o aluno entenda que qualquer forma de conhecimento é dinâmica e ao mesmo tempo parcial.*

Conceitos relacionais

Já apontamos anteriormente a ênfase que o ensino da Química tem dado a sistemas de classificação. Parece ter ficado claro que não pretendemos assumir essa abordagem classificatória, pois, sob nosso ponto de vista, essa lógica omite uma característica de muitos conceitos, que é particularmente importante na Química: os conceitos são relacionais.

> *Isso significa que, para esses conceitos relacionais, os atributos de um sistema não existem em si, mas em relação a um outro com o qual interagem.*

Por exemplo, no conceito de ***oxirredução***, uma espécie é oxidante ***em relação*** a outra. Não existe conceito na Química que respalde uma afirmação do tipo ***essa substância é redutora. Isto é ácido, isto é base*** são também exemplos dessa consideração. Uma espécie é oxidante em relação a outra que se comporta como redutora. Uma substância é ácida em relação a outra que se comporta como base.

Na Química, existem conceitos que podem gerar esquemas de classificação. Nem sempre, no entanto, esses esquemas são apropriados. Quando se aborda o conceito ácido, por exemplo, logo se segue uma série de propriedades dos ácidos, tipos de ácidos, etc. Isso se deve ao caráter atributivo que os currículos tradicionais dão ao conceito ácido: *ácidos corroem metais, ácidos produzem hidrogênio na reação com metais*. Dessa maneira, são geradas redes de classificação e dicotomias na abordagem dos conceitos. Mesmo ácidos minerais fortes, considerados como "o" exemplo de ácidos (ácido clorídrico e sulfúrico) podem, no entanto, se comportar como bases diante de certas substâncias conhecidas como superácidos.

Em vista do exposto, optamos por evitar o excesso de esquemas classificatórios na configuração de nosso livro, embora reconheçamos a existência e a importância de algumas dessas classificações. Elas não podem, contudo, esconder o caráter relacional dos conceitos químicos.

É importante ainda destacar que a fronteira entre certas classes não é rígida. Assim, uma ligação covalente pode apresentar um certo caráter iônico, e um grande número de ligações se situa em algum ponto entre um caráter puramente iônico e outro puramente covalente.

A recomendação curricular expressa nos PCN, com a qual concordamos – preparar o cidadão para a vida, para o trabalho e para continuar a aprender –, nos impõe essa reflexão. Não podemos ensinar a Química no século XXI com o pensamento do século XIX, no qual essas classificações absolutas prevaleciam.

ATIVIDADES E PROJETOS INTERDISCIPLINARES: PLANEJANDO AÇÕES NA FRONTEIRA DAS DISCIPLINAS

Finalmente, há que se pensar como combinar uma abordagem química e, ao mesmo tempo, interdisciplinar aos fenômenos da natureza. Esse tipo de tratamento se

apresenta como uma alternativa viável cada vez que contextualizamos um assunto. Quanto mais contextualizada for a abordagem desse assunto, maior a tendência de que essa abordagem considere também aspectos de outras disciplinas. Por exemplo, podemos tratar da qualidade das águas urbanas apenas pelo ponto de vista das propriedades físico-químicas que ajudam a definir o que seja água de qualidade. Mas se tentarmos contextualizar o problema das águas urbanas em relação ao que acontece com os rios, os lagos e os mares no Brasil, veremos que é impossível deixar de considerar alguns parâmentros biológicos de qualidade de água, como os coliformes fecais. Da mesma forma, teremos de abordar também o problema das bacias hidrográficas – conhecimento de Geografia –, pois um rio urbano sempre carrega a marca dos lugares por onde passa. É por ser na sua maior parte contextualizada que a abordagem do nosso livro é marcada por atividades interdisciplinares, distribuídas por várias entradas encontradas ao longo da coleção.

No volume 3 quase todos os capítulos têm esse enfoque explícito. Esse volume foi preparado pensando-se na interface da Química com a saúde e com o ambiente. No capítulo 1 é estudada a Química das drogas e dos medicamentos; já no capítulo 2 é estudada a relação da Química com os alimentos e a nutrição. O estudo das drogas e dos medicamentos, assim como dos alimentos e da nutrição, exige a articulação de conhecimentos de diferentes áreas, como Química, Biologia, Fisiologia e Anatomia. Ao mesmo tempo, quando discute-se problemas causados pela falta de alimentos e pelo excesso deles, há uma grande interface com Sociologia e História. O texto apresentado explora bastante estas oportunidades, ao discutir a obesidade como uma epidemia latino-americana, pois, segundo as informações ali divulgadas, a obesidade atinge todos os países da região com índices médios de 18% – condição esta que abrange todas as faixas etárias e de ambos os sexos. Da mesma forma, no capítulo 3, intitulado "Água nos ambientes urbanos: Química para cuidar do planeta", a interface mais notável é com a Biologia, pois este capítulo trata dos parâmetros físico-químicos e biológicos que permitem determinar a qualidade das águas urbanas. Como apenas parâmetros físico-químicos são insuficientes para essa determinação no caso das águas urbanas brasileiras – altamente contaminadas por esgoto doméstico –, a Biologia tem que ajudar a Química a determinar parâmetros vitais, por exemplo, os coliformes fecais, que dão uma indicação segura da contaminação dos rios, lagos e oceanos urbanos por esses esgotos. Mas também neste capítulo há muito de Geografia e Sociologia, pois o estudo das águas urbanas necessariamente traz considerações sobre as bacias hidrográficas, tema amplamente explorado pela Geografia, bem como sobre os problemas de poluição das águas, algo que no Brasil atinge proporções alarmantes. O texto 1 (ainda no capítulo 3), "As águas de nossa cidade e sua qualidade", fornece um panorama geral sobre a qualidade das águas urbanas no Brasil, em que essas diferentes disciplinas fornecem elementos centrais para o seu entendimento. Da mesma forma, o capítulo 4, ao explorar o efeito estufa e as mudanças climáticas, também faz interfaces importantes com a Física. Os balanços energéticos num sistema aberto como é a Terra conduzem a uma necessária explicação conjunta da Física e da Química para o seu entendimento. Ao mesmo tempo, ao situar o tema do aquecimento global como sujeito a polêmica, nosso livro o aproxima do debate atual, em que várias disciplinas estão envolvidas. Finalmente, o capítulo 5 explicita que os materiais recicláveis possuem um "ciclo de vida", no qual são consideradas todas as matérias-primas utilizadas na fabricação dos produtos de consumo do dia a dia e que geram o lixo que produzimos. Essa abordagem propicia um entendimento mais amplo e, portanto, interdisciplinar dos problemas associados à geração e à reciclagem do lixo urbano.

Portanto, podemos afirmar que o volume 3 da nossa coleção é todo interdisciplinar, contemplando não só as matérias da área de Ciências da Natureza e suas tecnologias – como a Física, a Biologia e as diversas tecnologias associadas –, mas também outras disciplinas como Geografia, História e Sociologia. Há que se ressaltar que essa interdisciplinaridade se manifesta não somente por meio de textos, mas também de atividades que envolvem o aluno com a sua realidade. É o caso, por exemplo, no capítulo 3, "Água nos ambientes urbanos: Química para cuidar do planeta", no qual o próprio aluno vai investigar uma série de parâmetros físico-químicos e biológicos da água, se valendo de parte das atividades ali desenvolvidas.

Projetos interdisciplinares

No volume 2, "Termoquímica: energia nas mudanças de estado físico e nas transformações químicas", a abordagem interdisciplinar fica mais evidente nos projetos. Esses projetos foram pensados para ser desenvolvidos ao longo do estudo de um capítulo, paralelamente à abordagem dos temas do capítulo. Um bom exemplo pode ser observado no Projeto 1, "Combustíveis fósseis e fontes renováveis de energia", que faz parte do capítulo 2, no qual sugere-se que os estudantes trabalhem em grupo e escolham um combustível ou fonte renovável de energia para desenvolver a atividade. Cada grupo vai buscar uma série de informações relacionadas, tais como: a origem do combustível ou fonte renovável, como ele é obtido, quais as reservas disponíveis, qual a distribuição global de seu consumo, quais os impactos ambientais decorrentes de seu uso, etc. Ao final, os alunos deverão preparar um debate, em que cada grupo preparará argumentos favoráveis e contrários à fonte de energia ou ao combustível trabalhado.

Da mesma forma, no capítulo 1 deste mesmo volume há o Projeto 1 – "A água como produto industrial" –, que, ao mesmo tempo em que aborda o tratamento de água do ponto de

vista químico, também o faz do ponto de vista das ciências humanas, pois os alunos deverão pesquisar sobre a porcentagem de pessoas que recebem água tratada em suas casas, sobre o custo da água tratada, etc.

Já no volume 1, a interdisciplinaridade está distribuída ao longo de capítulos e de atividades específicas. Assim, todo a capítulo 4 – "Aprendendo sobre o livro urbano" tem esse caráter interdisciplinar quando trata do problema do lixo urbano, atento a aspectos como: as mudanças no padrão de consumo das pessoas que afetam o lixo urbano; o que deveríamos levar a um acampamento selvagem para evitar a produção de lixo; o lixo como fonte de renda para famílias de catadores; o que as prefeituras gastam para manter uma cidade limpa; etc.

O TRABALHO EM GRUPOS

É importante compreender alguns aspectos relacionados à organização do trabalho pedagógico nas aulas de Química. Gostaríamos de destacar a importância de abrirmos espaços para os trabalhos em grupo, para a diversificação das atividades propostas aos alunos e para uma abordagem que considere as relações do contexto social mais amplo nas discussões sobre conceitos químicos.

O trabalho em grupo é efetivamente uma recomendação para a utilização do nosso livro em sala de aula.

Pesquisas por nós realizadas tornaram visíveis a riqueza e a importância dessa forma de organizar o trabalho na aula de Química. As discussões realizadas entre os alunos organizados em grupo, sem a presença do professor, são fundamentais para que o aluno aprenda os conceitos, aprendendo também a falar sobre eles. Além disso, no grupo, o aluno tem a oportunidade de confrontar suas opiniões com as dos colegas, que muitas vezes são diferentes e até contraditórias. Assim ele não se sente constrangido em expressar suas opiniões na presença dos colegas, algo que muitas vezes ocorre com alunos mais tímidos nas discussões com toda a classe, organizadas pelo professor. A discussão em grupo promove o desenvolvimento das habilidades de ouvir, negociar consenso, respeitar a opinião do outro, argumentar e procurar justificativas racionais para as opiniões. Todas essas habilidades têm sido cada vez mais exigidas em diferentes atividades profissionais. Dessa forma, o ensino da Química também estará contribuindo para a formação do cidadão e do seu futuro profissional.

Explicitação da agenda e negociação de regras

Neste item, gostaríamos de abordar um aspecto que diz respeito ao manejo das turmas. **A organização das salas de aula, com o objetivo de garantir a participação ativa dos alunos, pode explicitar alguns conflitos**. Esses conflitos, que podem permanecer ocultos numa sala de aula centrada no professor, normalmente emergem quando o aluno passa a ser o centro do processo de ensino-aprendizagem. Dentre os vários aspectos geradores de conflitos, destaca-se o choque entre a cultura cotidiana dos estudantes e a cultura científica, pois os alunos entram em contato com um conjunto de conhecimentos, atitudes, procedimentos e formas de raciocínio que, muitas vezes, lhes são completamente estranhos.

Quando se fala sobre a implementação de propostas centradas no aluno, tende-se a idealizar o espaço escolar como harmônico e consensual. As várias metáforas utilizadas para descrever o papel do professor, como coordenador, guia, etc., normalmente enfatizam o aspecto harmonioso da relação professor-aluno. É importante destacarmos que, mesmo em propostas que pressupõem a participação ativa dos alunos, há contradições e resistências. É preciso termos consciência de que isso vai ocorrer para lidarmos com essas situações com tranquilidade.

A proposta de trabalho que apresentamos impõe à sala de aula uma dinâmica "alternativa", o que a diferencia de outras mais tradicionais.

A experiência que temos com a utilização do livro em nossas aulas nos mostra que é fundamental que estejamos convencidos de que a abordagem centrada nos alunos vai favorecer suas aprendizagens.

Nossa opção por essa forma de trabalho e as consequências que ela tem para as atividades cotidianas do aluno na sala de aula devem ser discutidas explicitamente com eles.

Os alunos vão trabalhar em grupo em muitas aulas (por meio da seção "Atividade", principalmente), uma prática que pode não ser comum nas demais disciplinas. O trabalho em grupo é um grande desafio para alunos e professores que não estão acostumados a essa dinâmica. É importante explicitarmos o quanto isso pode contribuir para a formação de cada um deles, não só na aquisição de conhecimentos mas no desenvolvimento de habilidades para o trabalho em equipe. Se você tiver acesso a um serviço de psicologia em sua escola pode, por exemplo, propor um trabalho orientado que envolva dinâmicas de grupo e a discussão sobre o funcionamento desse tipo de trabalho. De qualquer forma, o principal é que você dedique tempo para discutir essa dimensão do trabalho em sala de aula.

É importante explicitar para os alunos as concepções de ensino que vão fundamentar suas ações.

Isso significa principalmente explicar a eles a importância de se engajarem nas atividades. É essencial reforçar várias vezes esse ponto. Explique, sempre que necessário, que é **importante** fazer, e não copiar do colega. Que é **importante** ler os textos atentamente, procurando entender o que está escrito. Rapidamente, os alunos vão perceber que, ao final de cada atividade, existe um texto de fechamento, no

qual todos os aspectos são retomados e discutidos, o que não é comum na cultura escolar que predomina hoje em nosso país, em que os alunos devem ler os textos e depois responder a questionários, e não a elaborar suas próprias respostas com base em atividades e questionamentos, tendo o texto como apoio para a articulação final das ideias. Deixe claro que você sabe que os textos têm as respostas, mas que é fundamental para o processo de aprendizagem que eles exercitem suas formas de pensar, que elaborem suas próprias hipóteses.

Uma forma de resistência muito comum, principalmente nas turmas de primeiro ano, é a pouca disponibilidade para participar da discussão com toda a turma, quando são solicitados a expor suas opiniões aos colegas. É importante que você encoraje seus alunos a se manifestarem e a ouvirem com atenção e respeito. Coloque-se no lugar dos alunos e tente compreender como estão pensando. Assim, você poderá auxiliá-los a superar tanto a falta de confiança em falar quanto algum problema com a compreensão de ideias.

SOBRE AVALIAÇÃO

A avaliação é um aspecto importante do processo de aprender. Em geral, todas as atividades realizadas sobre determinado conteúdo ensinado devem ser avaliadas. Isso promove uma diversificação das formas de avaliação e mostra aos alunos que o conjunto das atividades que realizam, e não apenas as provas, é valorizado. Permite também que a avaliação seja considerada na sua dimensão formativa e não apenas somativa. Em outras palavras, a avaliação pode e deve constituir uma prática constante de regulação das aprendizagens alcançadas.

Para que essa dimensão seja alcançada, é importante fornecer **informações constantes aos alunos** sobre seus progressos, em cada atividade realizada. Isso pode ser realizado por meio da correção de relatórios, de textos, de exercícios e também por meio de comentários sobre as apresentações e projetos realizados.

É importante também envolver os alunos nesse processo, promovendo constantemente, entre eles, uma reflexão sobre **sua própria aprendizagem**. Nosso livro, muitas vezes, facilita esse processo ao comparar formas de pensar que os alunos já utilizavam como parte de seu conhecimento cotidiano com as formas de pensar científicas que serão ensinadas.

No entanto, sabemos que o professor precisa avaliar seus alunos também por meio de notas – a avaliação somativa. Em todas as atividades propostas nessa obra apresentamos questões que podem ser usadas como instrumento de avaliação ou como base para sua elaboração. A ideia central é a de avaliar o progresso dos alunos em termos do nível de elaboração dos conceitos, das atitudes, das formas de pensar. Em todas as atividades propostas é interessante que você, professor, estimule seus alunos a expressar o que pensam e que aproveite esses momentos para avaliar os progressos que fizeram.

Consideramos fundamental que as formas de avaliar sejam variadas. A avaliação individual do conhecimento é importante. É um momento de reflexão para os alunos e para o professor, mas não pode ser a única forma de avaliação.

Testes em grupo, atividades experimentais, elaboração de textos, apresentação de trabalhos, apresentação de relatórios de projetos, relatórios de experimentos, relatórios de visitas, elaboração de exposições são formas que podem ser utilizadas. Nosso livro propõe todos esses tipos de atividade, e é fundamental que todas sejam igualmente avaliadas; do contrário, os alunos podem sentir-se desestimulados a realizá-las.

Para a elaboração de provas, sugerimos que o professor consulte a página da Divisão de Ensino da Sociedade Brasileira de Química (SBQ) na internet, disponível em: <www.sbq.org.br> (acesso em: 11 fev. 2013). Nessa página serão encontradas, entre outras coisas, questões de vestibulares de várias universidades importantes do país, classificadas por tema.

NOSSA PROPOSTA E OS PCN

Nossa proposta de ensino de Química, materializada neste livro, segue várias recomendações dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), especialmente a discussão das relações da Química com aspectos econômicos, culturais, políticos e sociais.

> *"Os objetivos educacionais do Ensino Médio, já sinalizados por subsídio produzido pela Semtec/MEC e encaminhado para a Câmara de Educação Básica do Conselho Nacional de Educação, foram interpretados e detalhados por Resolução recente (01/06/1998)... Tais referenciais já direcionam e organizam o aprendizado, no Ensino Médio, das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, no sentido de se produzir um conhecimento efetivo, de significado próprio, não somente propedêutico. De certa forma, também* ***organizam o aprendizado de suas disciplinas, ao manifestarem a busca de interdisciplinaridade e contextualização*** *e ao detalharem, entre os objetivos educacionais amplos desse nível de ensino, uma série de competências humanas relacionadas a conhecimentos matemáticos e científico-tecnológicos. Referenda-se uma* ***visão do Ensino Médio de caráter amplo, de forma que os aspectos e conteúdos tecnológicos associados ao aprendizado científico e matemático sejam parte essencial da formação cidadã de sentido universal e não somente de sentido profissionalizante****."*

MEC, 1998.

Referindo-se mais especificamente ao ensino de Química, o texto elaborado pelo MEC nos diz:

O aprendizado de Química pelos alunos de Ensino Médio implica que eles compreendam as transformações químicas que ocorrem no mundo físico de forma abrangente e integrada e assim possam julgar com fundamentos as informações advindas da tradição cultural, da mídia e da própria escola e tomar decisões autonomamente, enquanto indivíduos e cidadãos.

Esse aprendizado deve possibilitar ao aluno a compreensão tanto dos processos químicos em si quanto da construção de um conhecimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas. Tal a importância da presença da Química em um Ensino Médio compreendido na perspectiva de uma Educação Básica.

MEC, 1999.

Recomendamos que você leia na íntegra os textos dos PCN, dos PNC+ e das Matrizes de Referência do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem), elaborados pelo MEC, disponíveis no *site* do Ministério, disponível em: <www.mec.gov.br> (acesso em: 11 fev. 2013).

Procuramos aqui explicitar nossos pressupostos e, ao mesmo tempo, chamar a atenção para o que você deve ter em mente para poder aproveitar ao máximo o potencial desta obra. Temos a convicção de estarmos contribuindo para o desenvolvimento do ensino da Química no Brasil e para que as propostas curriculares, como os PCN, não se transformem mais uma vez em letra morta, como já ocorreu com muitas outras.

PARA FACILITAR SEU TRABALHO EM SALA DE AULA

Nossa experiência com a utilização desta obra vem nos mostrando que pelo menos três aspectos favorecem a organização do trabalho em sala de aula:

1. A presença de um auxiliar para organizar e preparar os materiais necessários às atividades. Sugerimos que a escola procure a parceria de instituições de ensino profissional, na área de Química, para que os estágios dos futuros técnicos em Química sejam realizados em sua escola.
2. A organização de uma sala ambiente para que os materiais necessários fiquem sempre disponíveis. A sala ambiente pode ser constituída por mesas grandes, para que os trabalhos em grupo sejam realizados, e uma pia, além de estantes e armários para guardar os materiais.
3. A opção por horários conjugados. Em geral, as aulas têm a duração de 50 minutos. Seria interessante que se colocassem dois horários seguidos para a aula de Química. Essa forma de organizar o tempo facilita a realização das atividades e sua discussão.

ESTRUTURA DA OBRA

A obra

O conteúdo da obra foi dividido em capítulos, em que são tratados temas fundamentais para a construção de uma base conceitual que possibilita uma visão ampla, interdisciplinar e contextualizada da Química. Os capítulos foram estruturados por seções, as quais são descritas a seguir.

Atividade

Esta seção propõe atividades (experimentais, de pesquisa, elaboração de texto, raciocínio lógico, entre outras) acompanhadas de questões que promovem o diálogo dos alunos com os fenômenos em foco.

Texto

Inclui textos que apresentam um fechamento para as Atividades, em que são respondidas as questões das atividades. Inclui também outros textos que apresentam aspectos teóricos e conceituais e, por fim, textos retirados de periódicos ou de páginas da internet, os quais apresentam informações mais amplas e contextualizadas.

Projeto

Propõe aos alunos o desenvolvimento de projetos relacionados ao tema estudado no capítulo. Os projetos têm como objetivo trabalhar o tema de forma mais ampla e contextualizada. Têm um caráter de **atividade integradora e interdisciplinar**, pois promovem a interação do conhecimento químico com outras áreas do conhecimento.

Exercícios

Exercícios mais simples, diretamente relacionados ao que foi abordado no Texto ou na Atividade.

Questões

Esta seção traz questões relacionadas ao que foi abordado no Texto ou na Atividade. Muitas vezes são propostas para ajudar o aluno a compreender o texto, envolvendo respostas mais diretas; em outras, são questões que buscam fazer o aluno utilizar conceitos abordados para pensar um pouco mais para elaborar as respostas.

Na internet

Esta seção traz sugestões de páginas da internet que se referem ao conteúdo estudado no capítulo.

Questões de exames

Esta seção propõe questões de exames, como os vestibulares das universidades brasileiras e o Enem, relacionadas ao que foi abordado no capítulo.

2 Painel da coleção

Para contemplar o pensamento do aluno e os diferentes contextos nos quais a Química é relevante, é necessário que o programa seja bem dimensionado em relação à quantidade de conceitos a serem abordados e que promova o desenvolvimento dos conceitos científicos numa perspectiva de **Investigação e Compreensão** desses conceitos e dos diferentes contextos em que podem ser aplicados; promova também sua **Contextualização Sociocultural**, mostrando a Química como uma forma de pensar o mundo em meio a muitas outras que, juntas, permitem abordar problemas científicos, tecnológicos, sociais e ambientais diversos; e, finalmente, propicie o uso amplo de ferramentas de **Representação e Comunicação**, no sentido de auxiliar a formação de um cidadão plenamente letrado, que domine os códigos, os textos nos seus diferentes gêneros, e as diferentes formas de argumentar.

Nossa proposta de Química para o Ensino Médio busca contemplar aspectos conceituais e contextuais fundamentais que permitam a compreensão da constituição, propriedades e transformações dos materiais, destacando implicações sociais relacionadas à sua produção e ao seu uso. Nesse sentido ela está completamente de acordo com as novas diretrizes curriculares, contidas nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) e nas Matrizes de Referência do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem).

Objetos de conhecimento no domínio "Representação e Comunicação"	O que esta obra oferece	Articulação interdisciplinar
As competências seguintes são consideradas fundamentais e, por isso, aparecem ao longo de toda a nossa coleção: • **Articulação dos símbolos e códigos de ciência e tecnologia:** Ler, articular e interpretar símbolos e códigos em diferentes linguagens e representações: sentenças, equações, esquemas, diagramas, tabelas, gráficos e representações geométricas. (PCN+, p. 234) e Dominar Linguagens (Enem 2009) • **Análise e interpretação de textos e outras comunicações de ciência e tecnologia:** Consultar, analisar e interpretar textos e comunicações de ciência e tecnologia veiculados em diferentes meios. (PCN+, p. 234) e Dominar Linguagens (Enem 2009) • **Elaboração de comunicações:** Elaborar comunicações orais ou escritas para relatar, analisar e sistematizar eventos, fenômenos, experimentos, questões, entrevistas, visitas, correspondências. (PCN+, p. 235) e Dominar Linguagens (Enem 2009)	Em todos os capítulos buscamos propor atividades e questões que envolvam o desenvolvimento das habilidades de: • Ler e interpretar informações e dados apresentados com diferentes linguagens ou formas de representação, como símbolos, fórmulas e equações químicas, tabelas, gráficos, esquemas, equações. • Selecionar e fazer uso apropriado de diferentes linguagens e formas de representação, como esquemas, diagramas, quadros (tabelas), gráficos, traduzindo umas nas outras. • Analisar e interpretar diferentes tipos de textos e comunicações referentes ao conhecimento científico e tecnológico. • Consultar e pesquisar diferentes fontes de informação, como enciclopédias, textos didáticos, manuais, teses, internet, entrevistas a técnicos e especialistas. • Descrever fenômenos, substâncias, materiais, propriedades e eventos químicos, em linguagem científica, relacionando-os a descrições na linguagem corrente. • Elaborar e sistematizar comunicações descritivas e analíticas pertinentes a eventos químicos, utilizando linguagem científica.	As habilidades do domínio **Representação e Comunicação** são, na sua maioria, habilidades que perpassam praticamente todas as disciplinas do conhecimento. A análise, interpretação e produção de textos, por exemplo, pode ser considerada uma habilidade específica da área de Linguagens, Códigos e suas tecnologias, mas de certa forma um bom leitor e produtor de textos tem que ter uma habilidade de reconhecer diferentes gêneros de discurso nos quais vai ler e produzir seus textos. Um desses gêneros é justamente o de textos científico-escolares. Dessa maneira, nossa coleção articula os conhecimentos da sua área com aquelas presentes em Linguagens, Códigos e suas tecnologias. Da mesma forma, a leitura de gráficos, tabelas e diagramas é uma habilidade comum às Ciências da Natureza e suas tecnologias e às Ciências Humanas e suas tecnologias.
• **Símbolos, códigos e nomenclatura de ciência e tecnologia:** Reconhecer e utilizar adequadamente, na forma oral e escrita, símbolos, códigos e nomenclatura da linguagem científica. (PCN+, p. 234) e Dominar Linguagens (Enem 2009)	Esta coleção dá ênfase a estas competências por meio do emprego de símbolos, códigos e nomenclatura da Química e da tecnologia química ao longo da coleção. Particularmente, no **capítulo 1 do volume 2** – "Soluções e solubilidade" –, e no **capítulo 2 do volume 3** – "Alimentos e nutrição: Química para cuidar da saúde" –, são desenvolvidas as habilidades de interpretar símbolos e termos químicos em rótulos de produtos alimentícios, águas minerais, produtos de limpeza e bulas de medicamentos; ou mencionados em notícias e artigos jornalísticos.	Os símbolos, os códigos e a nomenclatura permitem articular diferentes áreas das Ciências da Natureza e suas tecnologias. Além disso, essa nomenclatura é carregada de expressões e unidades de origem inglesa, o que permite a articulação com o estudo das Línguas Estrangeiras Modernas, como o inglês.

	Particularmente, nos capítulos: **2 do volume 1** – "Introdução ao estudo das propriedades específicas dos materiais", **1 do volume 2** – "Soluções e solubilidade", **2 do volume 2** – "Termoquímica: energia nas mudanças de estado físico e nas transformações químicas" são trabalhadas as habilidades de identificar e relacionar unidades de medida usadas para diferentes grandezas, como massa, energia, tempo, volume, densidade, concentração de soluções.	
• **Discussão e argumentação de temas de interesse de ciência e tecnologia:** Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de ciência e tecnologia. (PCN+, p. 235) e Construir Argumentação (Enem 2009)	Diante de informações ou problemas relacionados à Química, argumentar apresentando razões e justificativas. A coleção dá ênfase a estas competências, particularmente nos capítulos: **4 do volume 1** – "Aprendendo sobre o lixo urbano", **capítulo 5 do volume 1** – "Um modelo para os estados físicos dos materiais" e em **todos os capítulos do volume 3**.	A argumentação também é uma habilidade geral que perpassa diferentes disciplinas. Além disso, nesta coleção há vários projetos e questões que extrapolam o uso puramente químico de temas e colocam-nos em relação com a sociedade, a tecnologia, as questões ambientais e toda uma gama de fatores que devem ser levados em consideração para a elaboração de argumentos convincentes.

Objetos de conhecimento no domínio "Investigação e Compreensão"	O que esta obra oferece	Articulação interdisciplinar
Neste domínio consideramos as seguintes competências como fundamentais e que, por isso, são abordadas ao longo de toda a nossa coleção: • **Modelos explicativos e representativos:** Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos para situações-problema, fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos. (PCN+, p. 236 e 237) e Enfrentar Situações-problema (Enem 2009)	Em nossa coleção, ao longo de todos os capítulos buscamos articular modelos com fenômenos e suas representações. Para o desenvolvimento desta competência, ao longo dos três volumes são propostas atividades, questões, exercícios, projetos e textos com o objetivo de fazer que os alunos sejam capazes de: • reconhecer modelos explicativos de diferentes épocas sobre a natureza dos materiais e suas transformações; • elaborar e utilizar modelos macroscópicos e microscópicos para interpretar transformações químicas; • reconhecer, nas limitações de um modelo explicativo, a necessidade de alterá-lo; • elaborar e utilizar modelos científicos que modifiquem as explicações do senso comum.	Aprender ciências é, de certa forma, aprender a propor modelos consistentes para os vários fenômenos de interesse científico. Portanto, essa é uma parte da coleção que se articula plenamente com as outras disciplinas da área de Ciências da Natureza e suas tecnologias. Mas não é só isso. Ao propor a abordagem histórica dos modelos e como eles evoluíram, articulamos o conhecimento químico com o conhecimento histórico da área de Ciências Humanas.
• **Relações entre conhecimentos disciplinares, interdisciplinares e interáreas:** Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas de conhecimento. (PCN+, p. 237) e Compreender Fenômenos (Enem 2009)	Em nossa coleção, ao longo de todos os capítulos buscamos propor atividades, questões, exercícios, projetos e textos que tivessem o objetivo de tornar os alunos capazes de: • construir uma visão sistematizada das diferentes linguagens e campos de estudo da Química, estabelecendo conexões entre seus diferentes temas e conteúdos; • adquirir compreensão do mundo, da qual a Química é parte integrante, por meio dos problemas que ela consegue resolver e dos fenômenos que podem ser descritos por seus conceitos e modelos; • articular o conhecimento químico e o de outras áreas no enfrentamento de situações-problema.	

• **Estratégias para enfrentamento de situações-problema:** Identificar as informações ou variáveis relevantes em uma situação-problema e elaborar possíveis estratégias para equacioná-la ou resolvê-la. (PCN+, p. 235) e Enfrentar Situações-problema (Enem 2009)	No desenvolvimento desta competência propõe-se que os alunos sejam capazes de identificar as informações relevantes para solucionar uma situação-problema, envolvendo diferentes dados de natureza química. Por exemplo, no **capítulo 3 do volume 3** – "Água nos ambientes urbanos: Química para cuidar do planeta" – são propostas atividades e questões que possibilitam ao aluno a oportunidade de avaliar a viabilidade de uma fonte de água para consumo, identificando a grandeza e indicadores de qualidade, como pH, oxigênio dissolvido, turbidez, condutividade elétrica e concentrações de substâncias. Outra habilidade desenvolvida neste capítulo é a de reconhecer, propor ou resolver um problema, selecionando procedimentos e estratégias adequados para a sua solução. Esta obra dá ênfase à abordagem desta competência, por exemplo, ao propor que os alunos pesquisem sobre o contato primário com a água, definam critérios, façam medidas, análises e cálculos necessários. Essa competência é também considerada nos capítulos: Do **volume 1**: **capítulo 4** – "Aprendendo sobre o lixo urbano". Do **volume 2**: **capítulo 1** – "Soluções e solubilidade"; **capítulo 2** – "Termoquímica: energia nas mudanças de estado físico e nas transformações químicas". Do **volume 3**: **capítulo 2** – "Alimentos e nutrição: Química para cuidar da saúde"; **capítulo 4** – "Efeito estufa e mudanças climáticas: Química para cuidar do planeta"; **capítulo 5** – "Química de materiais recicláveis".	Enfrentar situações-problema é uma competência que não pode ser exercida isoladamente, dentro de uma disciplina específica. Quanto mais os problemas se aproximam da realidade, mais interdisciplinares vão se tornando. Nesta obra tratamos de uma série de problemas reais que devem ser equacionados numa perspectiva ampla, o que propicia a articulação com outras áreas das Ciências da Natureza, mas também com as Ciências Humanas e com as Linguagens e Códigos.
• **Interações, relações e funções; invariantes e transformações:** Identificar fenômenos naturais ou grandezas em dado domínio do conhecimento científico, estabelecer relações, identificar regularidades, invariantes e transformações. (PCN+, p. 236) e Compreender Fenômenos (Enem 2009)	No desenvolvimento desta competência propõe-se que os alunos sejam capazes de reconhecer e compreender fenômenos envolvendo interações e transformações químicas, identificando regularidades e invariantes. Enfatizamos a abordagem desta competência, por exemplo, ao propor atividades nas quais os alunos aprendam a reconhecer a conservação no número de átomos de cada substância. Isto se dá no **capítulo 7** – "Introdução às transformações químicas" e no **capítulo 8** – "Quantidades nas transformações químicas" do volume 1. Esta competência é também considerada nos capítulos: Do **volume 1**: **capítulo 2** – "Introdução ao estudo das propriedades específicas dos materiais"; **capítulo 3** – "Materiais: estudo de processos de separação e purificação"; **capítulo 5** – "Um modelo para os estados físicos dos materiais"; **capítulo 6** – "Modelos para o átomo e uma introdução à tabela periódica"; **capítulo 9** – "Ligações químicas, interações intermoleculares e propriedades dos materiais"; **Todos os capítulos do volume 2.**	Esta é uma área das Ciências da Natureza por excelência. Nesse sentido, são feitas várias articulações com outras disciplinas, como a Física, as Geociências e a Biologia, ao longo da abordagem dos vários conceitos de interesse da Química.

• **Medidas, quantificações, grandezas e escalas:** Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados. (PCN+, p. 236)	No desenvolvimento desta competência propõe-se que os alunos sejam capazes de fazer previsões e estimativas de quantidades ou intervalos esperados para os resultados de medidas. Esta competência é considerada nos capítulos: Do **volume 1**: **capítulo 2** – "Introdução ao estudo das propriedades específicas dos materiais"; **capítulo 6** – "Modelos para o átomo e uma introdução à tabela periódica"; **capítulo 8** – "Quantidades nas transformações químicas"; **capítulo 9** – "Ligações químicas, interações intermoleculares e propriedades dos materiais". Do **volume 2**: **capítulo 1** – "Soluções e solubilidade"; **capítulo 2** – "Termoquímica: energia nas mudanças de estado físico e nas transformações químicas"; **capítulo 3** – "Cinética química: controlando a velocidade das reações químicas"; **capítulo 4** – "Uma introdução ao estudo do equilíbrio químico". Do **volume 3**: **capítulo 3** – "Água nos ambientes urbanos: química para cuidar do planeta".	Esta também é uma área das Ciências da Natureza por excelência. Nesse sentido, são feitas várias articulações com outras disciplinas, como a Física, as Geociências e a Biologia ao longo da abordagem dos vários conceitos de interesse da Química.

Objetos de conhecimento no domínio "Contextualização sociocultural"	O que esta obra oferece	Articulação interdisciplinar
• **Ciência e tecnologia na História:** Compreender o conhecimento científico e tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social. (PCN+, p. 237)	Para o desenvolvimento desta competência, são propostas atividades, questões, exercícios, desenvolvimento de projetos e textos para que os alunos sejam capazes de: • reconhecer e compreender a ciência e tecnologia químicas como criação humana inseridas, portanto, na História e na sociedade em diferentes épocas; • perceber o papel desempenhado pela Química no desenvolvimento tecnológico e a complexa relação entre ciência e tecnologia ao longo da História. Nesta coleção, a ênfase à abordagem desta competência está principalmente: No **volume 1**: **capítulo 6** – "Modelos para o átomo e uma introdução à tabela periódica"; **capítulo 7** – "Introdução às transformações químicas"; **capítulo 8** – "Quantidades nas transformações químicas". No **volume 2**: **capítulo 1** – "Soluções e solubilidade"; **capítulo 2** – "Termoquímica: energia nas mudanças de estado físico e nas transformações químicas"; **capítulo 3** – "Cinética química: controlando a velocidade das reações químicas".	Para garantir as competências e habilidades do domínio **Contextualização Sociocultural**, é fundamental que o estudante seja exposto aos ambientes e discursos que circulavam quando determinados conhecimentos foram propostos. Só assim ele poderá perceber o valor desses contextos e tentar entendê-los não só na perspectiva da Química, mas também da História e da Filosofia. Nesse sentido, nossa obra oferece trechos em que são trazidos os discursos originais ou os contextos vividos pelos cientistas para ilustrar as descobertas de fenômenos e teorias.

<table>
<tr>
<td>• Ciência e tecnologia na cultura contemporânea:
Compreender a ciência e a tecnologia como partes integrantes da cultura humana contemporânea. (PCN+, p. 238)
• Ciência e tecnologia na atualidade:
Reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social. (PCN+, p. 238)
• Ciência e tecnologia, ética e cidadania:
Reconhecer e avaliar o caráter ético do conhecimento científico e tecnológico e utilizar esses conhecimentos no exercício da cidadania. (PCN+, p. 238)</td>
<td>Para o desenvolvimento desta competência propõe-se atividades, questões, exercícios, desenvolvimento de projetos e textos para que os alunos sejam capazes de:
• identificar a presença do conhecimento químico na cultura humana contemporânea e em diferentes âmbitos e setores, como os domésticos, comerciais, artísticos;
• compreender as formas pelas quais a Química influencia nossa interpretação do mundo atual, condicionando formas de pensar e interagir;
• reconhecer o papel do conhecimento químico no desenvolvimento tecnológico atual, em diferentes áreas do setor produtivo, industrial e agrícola. Por exemplo, na fabricação de alimentos, corantes, medicamentos e novos materiais;
• reconhecer aspectos relevantes do conhecimento químico e suas tecnologias na interação individual e coletiva do ser humano com o ambiente;
• articular, integrar e sistematizar o conhecimento químico e o de outras áreas no enfrentamento de situações-problema;</td>
<td rowspan="2">Também se faz necessário pensar de forma articulada tanto os domínios das Ciências da Natureza quanto sua articulação com as Ciências Humanas, quando pensamos no desenvolvimento de uma ciência e tecnologia como parte da cultura contemporânea.
Nesse sentido, nossa obra faz amplo uso de reportagens jornalísticas e páginas da internet para articular os diferentes setores em que os produtos químicos são consumidos e produzidos. Dessa forma, garantimos a compreensão das formas pelas quais a Química influencia nossa forma de interpretar o mundo, articulando-a com as outras formas de pensar presentes na cultura contemporânea.</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>• compreender e avaliar a ciência e tecnologia química sob o ponto de vista ético para exercer a cidadania com responsabilidade, integridade e respeito.
Em nossa obra, a ênfase à abordagem destas competências está principalmente:
No volume 1:
capítulo 1 – “O que é química”;
capítulo 4 – “Aprendendo sobre o lixo urbano”.
No volume 2:
capítulo 1 – “Soluções e solubilidade”.
E em todos os capítulos do volume 3.</td>
</tr>
</table>

3 Orientações sobre manipulação e descarte de substâncias químicas

Mesmo que as experiências sejam simples e os materiais com os quais lidamos não ofereçam grandes riscos, esteja sempre atento. Alerte os alunos sobre cuidados básicos a serem tomados na manipulação das substâncias químicas e nos procedimentos de aquecimento. Às vezes achamos óbvio que se deva ter cuidado com materiais aquecidos, mas é sempre bom relembrar esses cuidados antes que se inicie cada atividade.

Como regra geral, leia com os alunos todo o procedimento, explique cada detalhe e chame a atenção para todos os riscos envolvidos, mesmo que eles sejam mínimos.

Uma regra básica para o trabalho com substâncias químicas é a de nunca comer, beber, fumar ou aplicar cosméticos durante sua manipulação. Nunca se deve aproximá-las da boca, nem tentar identificá-las pelo olfato.

É importante termos acesso à ficha de segurança do produto. Essa ficha normalmente é mostrada nos rótulos e contém dados como identificação do produto e da empresa fornecedora ou fabricante, identificação de danos à saúde e ao ambiente, medidas de primeiros socorros em caso de ingestão ou contato, medidas de combate a incêndio, medidas a serem tomadas em caso de derramamento acidental ou vazamento, prescrição de manuseio e armazenagem, propriedades físico-químicas, informações toxicológicas, informações ambientais, etc.

Os locais de armazenagem das substâncias químicas devem ser adequadamente ventilados. Todas as substâncias devem ser rotuladas, inclusive os resíduos segregados, para descarte apropriado.

As atividades propostas neste livro são, em sua maioria, muito simples. Mas muitas geram resíduos. É importante que você, professor, esteja atento à questão do descarte desses resíduos. Não lance diretamente na pia ou no ralo substâncias químicas ou produtos de reações químicas. Procure guardar esses produtos até encontrar uma forma de descarte segura. Muitas universidades já dispõem de formas de tratamento de resíduos. Outra possibilidade é a queima em fornos de indústrias, por exemplo, de cimento.

Se você leciona numa cidade que não dispõe de nenhum desses recursos, entre em contato com as autoridades locais. Nossa sugestão é que sempre que possível as situações de descarte sejam abordadas claramente com os alunos. É importante que você se informe sobre as condições que podem estar ao seu alcance e que promova sempre a inclusão de boas práticas de descarte.

No livro, as atividades que oferecem riscos possuem um aviso de “Tenha cuidado”, bem destacado para ser facilmente visualizado pelos realizadores da atividade.

Você pode se informar mais consultando na internet: <www.cgu.unicamp.br/residuos/index.html> (acesso em: 11 fev. 2013).

LISTA DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS ÀS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

As quantidades a seguir referem-se ao material necessário para todas as atividades experimentais (desenvolvidas nos três volumes) para um grupo de sete alunos.

Material	Quantidade
açúcar	305 g
$AgNO_3$ 0,1 mol/L	20 mL
aguarrás	260 mL
algodão	10 chumaços
alicate	1
ameixa	2
amendoim	4
arame de cobre	80 cm
$Ba(NO_3)_2$ 0,1 mol/L	30 mL
$BaCl_2$ 0,1 mol/L	30 mL
balão de borracha	2
blocos de madeira	3
blocos de metal	2
$CaCl_2$ 0,1 mol/L	10 mL
$CaCO_3$	10 g
cano de ferro	1
canudinhos de refresco	1
cartucho de filme	4
cenoura	1
CH_3COCH_3	5 mL
CH_3OCH_3	5 mL
clipes de papel	6
$CoCl_2$ 0,5 mol/L	10 mL
colher	1
comprimido efervescente	3,5
$CuSO_4$ 0,1 mol/L	150 mL
$CuSO_4$ 0,5 mol/L	25 mL

detergente à base de amônia	5 g
eletrodos de cobre	1
eletrodos de grafite	2
eletrodos de zinco	1
etanol	105 mL
extrato de repolho roxo	10 mL
$FeCl_3$	10 g
fenolftaleína	20 gotas
filtro	1
fios	2
fita de magnésio	5 cm
fita de zinco	10 cm
folha de papel	2
folha de papel alumínio	1
fonte de 12 V contínua	1
fósforo	1 caixa
garra de madeira	1
gasolina	50 mL
gelatina em pó incolor	5 g
H_2O_2 10 V	20 mL
H_2O_2 20 V	20 mL
H_2SO_2 conc.	5 mL
H_2SO_4 0,1 mol/L	20 mL
HCl 0,1 mol/L	170 mL
HCl 1 mol/L	60 mL
HCl 5 mol/L	30 mL
HCl conc.	1 mL
iodo sólido	10 g
"jacarés"	2
$K_2Cr_2O_7$	10 g
$K_2Cr_2O_7$ 0,1 mol/L	15 mL
$K_2Cr_2O_4$ 0,1 mol/L	15 mL
$K_3[Fe(CN)_6]$	10 gotas
KI 0,5 mol/L	220 mL
$KMnO_4$	1 g
$KMnO_4$ dil.	250 mL
lâmina de barbear	1
lâmpada de 1,5 V	1
lâmpada de 1,5 V	1
lata	1

limão	3
linha de costura	1 m
maçã	2
mangueira de látex	3
Na_2CO_3 0,1 mol/L	20 mL
NaCl	50 g
NaCl 0,1 mol/L	20 mL
NaCl dil.	10 mL
NaCl saturada	350 mL
naftalina	1 bola
NaOH 0,1 mol/L	110 mL
NaOH 0,5 mol/L	25 mL
NaOH 5 mol/L	20 mL
NaOH conc.	1 mL
NaOH 1 mol/L	50 mL
ovos	2
pano	1
papel de filtro	1
papel indicador universal	1
papel toalha	–
peneira	1
pente	1
pilhas	1
placa de petri	2
pregos	6
refrigerante	20 mL
régua	1
sal grosso	60 g
seringas	1
solução de iodo	10 mL
$SrCl_2$ 0,1 mol/L	10 mL
tampinha de garrafa	1
termômetro de laboratório	2
termômetro clínico	1
tesoura	1
velas	1
vinagre branco	250 mL
vitamina C	2
zinco metálico	1
$ZnSO_4$	150 mL

Equipamento	Especificação	Quantidade
béquer	50 mL	2
béquer	100 mL	4
béquer	250 mL	2
béquer	600 mL	1
proveta	10 mL	2
proveta	100 mL	2
kitasato com rolha	250 mL	1
tubo de ensaio	pequeno	15
tubo de ensaio	médio	5
lamparina	média	1
tripé	médio	1
tela de amianto	média	1
termômetro de álcool	– 10 – 110	2
termômetro clínico	convencional	1
garra de madeira	média	2
suporte para tubo de ensaio	médio (40 tubos)	3
bastões de vidro	médios (30 cm)	2
espátulas	médias	2
conta-gotas	convencional	5
balão de destilação	250 mL	1
condensador	médio	1
funil de decantação	150 mL	1
funil	100 mL	1
aro para funil	convencional	1
erlenmeyer	200 mL	1
suporte com mastro	60 cm	2
garras	médias	3
muflas	médias	3
bureta	50 mL	1
pipeta graduada	10 mL	1
rolhas	para balão volumétrico	1
rolhas	para balão de destilação	1
rolhas	para kitasato	1

4 Sugestões de aprofundamento

BIBLIOGRAFIA SUGERIDA

Livros e artigos sobre Educação, educação ambiental e ensino de Química – aspectos metodológicos.

Livros

CANDELA, A. A construção discursiva de contextos argumentativos no ensino de Ciências. In: SALVADOR, C. C.; EDWARDS, D. (Org.). *Ensino, aprendizagem e discurso em sala de aula:* aproximações ao estudo do discurso educacional. Porto Alegre: Artmed, 1998.

CAPRA, F. *A teia da vida*. São Paulo: Cultrix, 1996.

CHASSOT, A. *Alfabetização científica:* questões e desafios para a educação. Ijuí: Unijuí, 2000. 432 p.

____. *Educação consciência*. Santa Cruz do Sul: Edunisc, 2003. 243 p.

DIAS, G. F. *Educação ambiental:* princípios e práticas. São Paulo: Gaia, 1992.

DRIVER, R.; GUESNE, E.; TIBERGHIEN, A. (Ed.). *Ideias científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: MEC e Ed. Morata, 1985.

FONTANA, R. A. C. *A mediação pedagógica na sala de aula*. Campinas: Autores Associados, 1996. 176 p.

____. Elaboração conceitual: a dinâmica das interlocuções na sala de aula. In: SMOLKA, A. B.; GÓES, M. C. R. (Org.). *A linguagem e o outro no espaço escolar:* Vygotsky e a construção do conhecimento. Campinas: Papirus, 1993.

GADOTTI, M. *Pedagogia da terra*. São Paulo: Peirópolis, 2000.

GALIAZZI, M. C. FREITAS, J. V. (Org.), *Metodologias emergentes de pesquisa em Educação ambiental*. Ijuí: Unijuí, 2007. 216 p.

GÓES, M. C. R. As relações intersubjetivas na construção de conhecimentos. In: SMOLKA, A. L. B.; GÓES, M. C. R. (Ed.). *A significação nos espaços educacionais*. Campinas: Papirus, 1997.

LUTFI, M. *Os ferrados e os cromados*. Ijuí: Unijuí, 1992.

MACHADO, A. H. *Aula de Química:* discurso e conhecimento. Ijuí: Unijuí, 1999. 200 p.

MALDANER, O. A. A formação inicial e continuada de professores de Química. Ijuí: Unijuí, 2000. 419 p.

____, ZANON, L. (Org.). *Fundamentos e propostas de ensino de Química para a Educação básica no Brasil*. Ijuí: Unijuí, 2007. 224 p.

MARTINS, I.; OGBORN, J.; KRESS, G. Explicando uma explicação. Ensaio. Belo Horizonte, v. 1, n. 1, 1999.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Elaboração de conflitos e anomalias em sala de aula. In: MORTIMER, E. F.; SMOLKA, A. B. (Org.). *Linguagem, cultura e cognição*. Belo Horizonte: Autêntica, 2001. 223 p.

PEDRINI, A. G. (Org.). *Metodologias em Educação ambiental*. Petrópolis: Vozes, 2007, 239 p.

ROMANO FILHO, P. et al. *Gente cuidando das águas*. Belo Horizonte: Mazza Edições, 2002. 208 p.

ROSA, M. I. P., ROSSI, A. V. (Org.). *Educação Química no Brasil*: memórias, políticas e tendências. Ed. Átomo, 2008, 296 p.

SANTOS, F. M. T., GRECA, I. M., *A pesquisa em ensino de Ciências no Brasil e suas metodologias*. Ijuí: Unijuí, 2006. 144 p.

SCHNETZLER, R. P., SANTOS, W. L. P. *Educação em Química – compromisso com a cidadania*. Ijuí: Unijuí, 2000. 144 p.

SMOLKA, A. L. B. Esboço de uma perspectiva teórico-metodológica no estudo de processos de construção de conhecimento. In: SMOLKA, A. L. B.; GÓES, M. C. R. *A significação nos espaços educacionais*. Campinas: Papirus, 1997.

VOLOSHINOV, V. N. *Marxismo e filosofia da linguagem*. São Paulo: Hucitec, 1992. 196 p.

VYGOTSKY, L. S. *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 1987.

Artigos

AMARAL, E. M. R.; MORTIMER, E. F. Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Porto Alegre, v. 1, n. 3, p. 5-18, 2001.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Construindo conhecimento científico em sala de aula. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 9, p. 31-40, 1999.

GOMES, L. A. K. Propriedades específicas dos materiais. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 8, 1998.

LOPES, A. C. Reações químicas. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 2, 1995.

MACHADO, A. H.; MOURA, A. L. A. Concepções sobre o papel da linguagem no processo de elaboração conceitual em Química. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 1, n. 2, 1995.

MACHADO, A. H.; ARAGÃO, R. M. R. de. Como os alunos concebem o estado de equilíbrio químico? *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 1, n. 4, 1996.

MORTIMER, E. F. Concepções atomistas dos estudantes. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 1, 1995.

____. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de Ciências*. Belo Horizonte: UFMG, 2000. 383 p.

____. Para além das fronteiras da Química: relações entre Filosofia, Psicologia e ensino de Química. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 200-7, 1997.

____. Pressupostos epistemológicos para uma metodologia de ensino de Química: perfil epistemológico e mudança conceitual. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 242-9, 1992.

____; AMARAL, L. O. F. Calor e temperatura no ensino da termoquímica. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 7, 1998.

____; CHAGAS, A. N.; ALVARENGA, V. T. Linguagem científica *versus* linguagem comum nas respostas escritas de vestibulandos. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, UFRGS, v. 3, n. 1, p. 1-13, 1998.

____; MIRANDA, L. Transformações: concepções dos estudantes sobre reações químicas. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 2, 1995.

____; SANTOS, F. M. T. Estratégias, táticas e resistência nos primeiros dias de aula de Química. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 8, p. 38-42, 1999.

____; MACHADO, A. H. A linguagem numa sala de aula de Ciências. *Presença Pedagógica*, Belo Horizonte, Dimensão, v. 2, n. 11, p. 49-57, 1996.

____; ____; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de Química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 273-83, 2000.

OLIVEIRA, R. J.; SANTOS, J. M. A energia e a Química. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 8, 1998.

PEREIRA, M. P. B. A. Dificuldades de aprendizagem em equilíbrio químico (I e II). *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 12, n. 2 e 3, 1989.

ROCHA-FILHO, R. C. Átomos e tecnologia. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 3, 1996.

ROMANELLI, L. I. O professor no ensino do conceito átomo. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 3, 1996.

ROSA, M. I. F. P. S.; SCHNETZLER, R. P. Sobre a importância do conceito de transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 8, 1998.

SMOLKA, A. L. B. Construção de conhecimento e produção de sentidos nas relações de ensino. In: ALMEIDA, M. J. P. M.; SILVA, H. C. (Org.). *Textos de palestras e sessões temáticas. III Encontro Linguagens, Leituras e Ensino da Ciência*. Campinas: FE/Unicamp, 1999. p. 91-100.

Sites

Páginas na internet sobre formação de professores de Química.

<http://gepeq.iq.usp.br/>

Página do Grupo de Pesquisa em Educação Química (Gepeq) da Universidade de São Paulo (USP). Nela você vai encontrar informações sobre as atividades desenvolvidas pelo grupo e para documentos importantes relacionados ao ensino de Química. Acesso em: 11 maio 2012.

<www.cecimig.fae.ufmg.br/>

Página do Centro de Ensino de Ciências e Matemática (Cecimig) da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Nela você vai encontrar informações sobre os projetos desenvolvidos; uma biblioteca virtual na qual terá acesso a várias publicações disponíveis para leitura e impressão. Acesso em: 11 maio 2012.

<www.foco.fae.ufmg.br/>

Página do projeto FoCo, um programa de formação continuada de professores centrado na avaliação e produção de recursos para o ensino de Ciências (áreas de Química, Física e Astronomia), com base em resultados de pesquisas sobre o processo de ensino e aprendizagem em sala de aula. Acesso em: 11 maio 2012.

http://www.iq.unb.br/

Página do Instituto de Química da Universidade de Brasília (UnB). Nela você encontra informações sobre assessoria e formação continuada de professores de Química. Acesso em: 11 maio 2012.

Cursos de pós-graduação

Cursos de pós-graduação na subárea de ensino de ciências e na subárea de Educação, com linhas de pesquisa em Educação em ciências.

Neste item, faremos comentários relacionados a cursos de pós-graduação na área de ensino de ciências. Todos os cursos de mestrado e doutorado listados são avaliados pela Comissão de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior (Capes), órgão do Ministério da Educação responsável pela avaliação da pós-graduação no Brasil. O sistema de avaliação da Capes é muito conceituado em todo o mundo e coloca nossa pós-graduação entre as melhores do planeta. Neste sistema, os programas são avaliados de 3 a 7. A nota 5 é reservada aos programas de excelência. As notas 6 e 7 são reservadas aos programas de excelência que têm inserção e padrão internacional de qualidade. Na lista que elaboramos a seguir constam apenas cursos com notas 4 ou acima de 4.

Alguns programas oferecem curso na modalidade "mestrado profissional", que procura habilitar os professores das várias áreas de ciências para atuarem nas suas escolas com qualidade. Para isso, são feitos trabalhos finais específicos, por exemplo, a produção de material didático.

Região Sul

O programa de pós-graduação *Educação Científica e Tecnológica* é oferecido nas modalidades de mestrado acadêmico e doutorado pela Universidade Federal de Santa Catarina. É um dos mais tradicionais na área de Ensino de Ciências e Matemática da Capes e tem nota 5 neste órgão. Tem uma ênfase importante em ciência, tecnologia e sociedade (CTS), que o diferencia de outros programas na área.

O programa de pós-graduação *Educação em Ciência Química, da Vida e Saúde*, é oferecido nas modalidades de mestrado acadêmico e doutorado pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e pela Fundação Universidade do Rio Grande do Sul. Tem nota 4 na Capes.

O programa de pós-graduação *Educação nas Ciências* é oferecido nas modalidades de mestrado acadêmico e doutorado pela Unijuí. Tem nota 4 na Capes.

Região Sudeste

Nesta região, existem importantes linhas de pesquisa em educação em ciências que estão dentro dos programas de pós-graduação em Educação e que, portanto, constituem outra área da Capes. A subárea de *Educação* é parte da área de Ciências Humanas, enquanto que a subárea de *Ensino de Ciências e Matemática* é parte da área multidisciplinar da Capes.

O programa de pós-graduação em Educação da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) oferece cursos de mestrado acadêmico e doutorado. O curso tem nota 6 na Capes e possui uma linha de pesquisa em Educação e Ciências com professores nas áreas de ensino de Química, Física e Biologia.

Na mesma UFMG, o Centro de Ensino de Ciências e Matemática (Cecimig) oferece um curso de especialização à distância, chamado de *Ensino de Ciências por Investigação* (Enci). Esse curso forma especialistas nas áreas de ensino de Química, Física, Biologia e Ciências.

O programa de pós-graduação em Educação da Universidade de São Paulo (USP) oferece cursos de mestrado acadêmico e doutorado. O curso tem nota 5 na Capes e uma linha de pesquisa em *Educação em Ciências*, com professores das áreas de ensino de Química, Física e Biologia.

O programa de pós-graduação em Educação da Universidade de Campinas (Unicamp) oferece cursos de mestrado acadêmico e doutorado. O curso tem nota 4 na Capes e uma linha de pesquisa em *Educação em Ciências*, com professores das áreas de ensino de Química, Física e Biologia.

O programa de pós-graduação em *Educação para a Ciência*, da Universidade Estadual de São Paulo (Unesp), Campus de Bauru, oferece cursos de mestrado acadêmico e doutorado. O curso tem nota 5 na Capes. É um dos mais tradicionais na área de ensino de Ciências.

O programa de pós-graduação em *Ensino de Ciências – Modalidades Física, Química e Biologia* – da USP oferece cursos de mestrado acadêmico e doutorado. O curso tem nota 4 da Capes.

O programa de pós-graduação em *Ensino e História das Ciências da Terra*, da Unicamp, é o único que oferece mestrado acadêmico e doutorado na área de ensino de Ciências da Terra. O curso tem nota 4 na Capes.

O programa de pós-graduação em ensino de Ciências da Universidade Cruzeiro do Sul, em São Paulo, oferece o mestrado profissional e tem nota 4 na Capes.

Região Nordeste

O programa de pós-graduação em *Ensino, Filosofia e História das Ciências*, da Universidade Federal de Bahia, tem também um perfil próprio bem definido, atuando na interface entre ensino de ciências e Filosofia e História das ciências. São oferecidos mestrado acadêmico e doutorado, e o curso tem nota 5 na Capes.

O programa de pós-graduação em ensino de Ciências, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, oferece cursos de mestrado acadêmico e doutorado nas áreas de ensino de Química, Física, Biologia e Ciências. O curso tem nota 4 na Capes.

Região Norte

O programa de pós-graduação em ensino de Ciências e Matemática, da Universidade Federal do Pará, oferece cursos de mestrado acadêmico e doutorado nas áreas de ensino de Química, Física, Biologia, Ciências e Matemática. O curso tem nota 4 na Capes.

5 Reflexões sobre a prática pedagógica

A Editora oferece, a seguir, alguns artigos sobre temas atuais de interesse do professor.

1
Entrevista[3] sobre Ensino Médio Inovador

Mozart Neves Ramos
Professor da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e membro do Conselho Nacional de Educação do Ministério de Educação (CNE-MEC)

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB, 1996), em seu artigo 22, estabelece o Ensino Médio como etapa final da Educação Básica, definindo-o como a conclusão de um período de escolarização de caráter geral. A identidade do Ensino Médio, por sua vez, passa pela superação do dualismo entre ser preparatório para o Ensino Superior, propedêutico, ou ser profissionalizante; requer que seja capaz de articular a dimensões trabalho, ciência, tecnologia e cultura na perspectiva da emancipação humana, de forma igualitária para todos os cidadãos.

O quadro atual do Ensino Médio no país mostra-se bastante preocupante neste início da década de 2010: baixos índices de aprendizagem e de conclusão escolar, escassez de professores, especialmente em disciplinas como Química, Física e Matemática, além de um currículo pouco motivador para os alunos. Para reverter esse quadro, o Ministério da Educação lançou, no início de 2009, o Programa Ensino Médio Inovador, associando-o ao novo modelo de Enem a ser aplicado no segundo semestre desse mesmo ano, com a clara expectativa de induzir mudanças curriculares no Ensino Médio.

Espera-se, dessa forma, que a nova organização curricular busque a articulação interdisciplinar, ou seja, que as disciplinas se articulem por meio de atividades integradoras, a partir das inter-relações entre os eixos constituintes do Ensino Médio: o trabalho, a ciência, a tecnologia e a cultura.

O Enem passou por mudanças importantes, tornando-se não apenas um exame de avaliação de desempenho escolar, mas também de acesso ao Ensino Superior, assumindo, portanto, um caráter seletivo. A proposta é sinalizar para o Ensino Médio outro tipo de formação, mais voltada para a solução de problemas, saindo do modelo vigente, que valoriza excessivamente o conteúdo e a memorização. Nesse contexto, o Enem — assim como o Ensino Médio Inovador — está organizado em quatro grandes áreas: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias, incluindo redação/produção textual, Ciências Humanas e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias, e Matemáticas e suas Tecnologias.

[3] Entrevista concedida por *e-mail* em 17 de fevereiro de 2010.

Para conversar conosco, convidamos o ex-reitor da UFPE (1996-1999; 2000-2003) e ex-secretário de educação de Pernambuco (2003-2006), que fez parte da comissão do CNE que elaborou o Ensino Médio Inovador. Ele também exerce a função de presidente-executivo do Todos pela Educação, um movimento em prol do acesso à educação brasileira e de sua qualidade.

EDITORA: *O que é o Ensino Médio Inovador?*

MNR: É uma proposta lançada pelo Ministério da Educação que pressupõe uma nova perspectiva de articulação interdisciplinar, voltada para o desenvolvimento de saberes, conhecimentos, competências, valores e práticas. Apresenta-se como um experimento de inovação educacional para promover mudanças significativas no currículo das escolas públicas de Ensino Médio Inovador representa, nesse contexto, um incentivo à inovação pedagógica, ao mesmo tempo que procura induzir um novo paradigma educacional compatível com as realidades contemporâneas do conhecimento e dos sujeitos.

Espera-se, dessa forma, colaborar para a superação das desigualdades de oportunidades educacionais, para a universalização do acesso ao Ensino Médio e para a permanência dos adolescentes de 15 a 17 anos nesse segmento de ensino. Consolidar a identidade dessa etapa educacional, considerando a diversidade do alunado, promover a aprendizagem adequada a essa etapa e reconhecer e priorizar a interlocução com as culturas juvenis são os outros objetivos desse programa.

Como experimento de inovação educacional, o Programa Ensino Médio Inovador espera contribuir para o enfrentamento da tensão dialética entre pensamento científico e pensamento técnico, entre trabalho intelectual e trabalho manual, na busca de outras relações entre teoria e prática, visando instaurar outros modos de organização e delimitação dos conhecimentos. Dessa forma, o Ensino Médio Inovador procura estimular novas formas de organização das disciplinas articuladas com atividades integradoras, a partir das inter-relações existentes entre os eixos constituintes do Ensino Médio: o trabalho, a ciência, a tecnologia e a cultura, tendo o trabalho como princípio educativo.

EDITORA: *Como o projeto político-pedagógico de cada escola de Ensino Médio deve se relacionar com essas quatro dimensões?*

MNR: Há diversas formas de se realizar esse "entrelaçamento", por exemplo: contemplar atividades integradoras de iniciação científica, promovendo o incentivo à pesquisa, à curiosidade pelo inusitado e ao desenvolvimento

do espírito inventivo; promover a valorização da leitura em todos os campos do saber, desenvolvendo a capacidade de letramento dos alunos; articular teoria e prática, vinculando o trabalho intelectual a atividades práticas.

Outros caminhos possíveis são promover a integração com o mundo do trabalho por meio de estágios direcionados ou garantir o acompanhamento da vida escolar dos estudantes, desde o diagnóstico preliminar, passando pelo desempenho escolar e chegando à sua integração com a família. Utilizar novas mídias e tecnologias educacionais, como processo de dinamização dos ambientes de aprendizagem, é um caminho praticamente obrigatório nos dias atuais.

Um exemplo simples ocorreu recentemente em uma das minhas aulas de Química. Na oportunidade, estava trabalhando com capacidade calorífica e deduzi a equação de Kirchoff. Um aluno me perguntou se esse autor era o mesmo dos circuitos elétricos. Como eu não sabia, disse-lhe que na aula seguinte daria a resposta. Pouco depois, outro aluno pede permissão para contribuir com a discussão: naquela mesma hora ele havia entrado na internet pelo celular e verificado que, de fato, se tratava da mesma pessoa. É a informação em tempo real!

EDITORA: *Qual é o novo cenário que se coloca no momento da implantação do Ensino Médio Inovador?*

MNR: O mundo está passando por transformações importantes. O Brasil, em particular, ao longo desses últimos vinte anos, conseguiu domar o fantasma da inflação, sua economia começa a deslanchar no cenário mundial, gerando oportunidades crescentes de trabalho para nossa juventude. As "janelas de oportunidades" são inúmeras.

Se antes o problema era o desemprego, hoje o desafio é ter jovens preparados e bem formados para aproveitar as oportunidades geradas. Infelizmente, os jovens estão concluindo o Ensino Médio público sem bagagem necessária para ingressar na universidade pública ou mesmo no mundo do trabalho. Por exemplo, nas metas de aprendizagem do movimento Todos Pela Educação, referente aos alunos que concluem o Ensino Médio, apenas 9% aprenderam o esperado em Matemática; em Língua Portuguesa, apenas 25%. Assim, não é à toa o baixo percentual de pessoas que concluem o Ensino Médio e ingressam no Ensino Superior.

No Brasil, esse percentual para a população com menos de 30 anos de idade é de 38%. Se levarmos em conta o percentual de jovens na faixa etária entre 18 e 24 anos que estão no Ensino Superior, o número é apenas 13%, muito inferior àquele de países vizinhos, como Chile e Argentina.

O jovem almeja uma escola que caiba na vida. E hoje ele não a encontra no Ensino Médio. Uma pesquisa do professor Marcelo Néri, da Fundação Getúlio Vargas (RJ),[4] mostrou que, dos alunos que abandonam o Ensino Médio, 40% o fazem por falta de motivação. Foi exatamente pare reverter esse contexto que a proposta do Ensino Médio Inovador veio, procurando oferecer uma escola motivadora e acolhedora para esse jovem, capaz de instigar o gosto pelos estudos por meio de uma articulação melhor entre os diferentes saberes, pela oferta de um ensino que alinhe a teoria à prática, pela promoção de atividades complementares que despertem o espírito empreendedor desse jovem, dando-lhe assim uma escola que o prepare para a vida.

EDITORA: *Que proposições curriculares e condições básicas devem ser consideradas nas propostas para a implantação do Ensino Médio Inovador nas unidades escolares?*

MNR: Na elaboração do currículo do Ensino Médio Inovador devem ser levados em conta os seguintes fatores:

– carga horária do curso com, no mínimo, 3 mil horas anuais;
– centralidade da leitura como elemento basilar de todas as disciplinas, com elaboração e utilização de materiais motivadores e orientação docente voltados para essa prática;
– estímulo às atividades teórico-práticas apoiadas em laboratórios de Ciências, Matemática e outros que promovam processos de aprendizagem nas diferentes áreas do conhecimento;
– estímulo às atividades artísticas para ampliar o universo cultural do aluno;
– mínimo de 20% de carga horária total do curso em atividades e disciplinas eletivas a serem escolhidas pelos estudantes;
– atividade docente em tempo integral na escola;
– projeto político-pedagógico implementado com participação efetiva da comunidade escolar e organização curricular articulada com os exames do Sistema Nacional de Avaliação do Ensino Médio, em particular o Exame Nacional de Ensino Médio (Enem).

EDITORA: *Por falar em Enem, quais são as principais diferenças entre o "velho" e o "novo" Enem?*

MNR: O "velho" Enem era uma prova clássica com 63 questões interdisciplinares, sem articulação direta com os conteúdos ministrados no Ensino Médio e sem a possibilidade de comparação das notas de um ano para outro. Já o "novo" Enem é uma prova estruturada na metodologia TRI (Teoria de Respostas ao Item), que possibilitará a comparação ao longo dos anos e também a comparação entre pessoas que fazem diferentes provas. Essas, por sua vez, abordam agora diretamente o currículo do Ensino Médio e são estruturadas em quatro áreas do conhecimento: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias (incluindo redação/produção textual), Ciências Humanas e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias e, por fim, Matemática e suas Tecnologias.

[4] NÉRI, Marcelo. *Motivos da evasão escolar*. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, Centro de Políticas Sociais, 2009. Para acessar a pesquisa na íntegra, consulte: <www.todospelaeducacao.org.br>. Acesso em: 12 fev. 2013.

Com essa nova estrutura, o Ministério da Educação espera que o "novo" Enem possa não apenas induzir a reestruturação do atual currículo do Ensino Médio na direção do Ensino Médio Inovador, mas acelerar essa mudança. Portanto, é de esperar que a matriz de referência para a elaboração do Enem – como um sistema não apenas de avaliação de desempenho, mas também de seleção ao Ensino Superior – seja cada vez mais articulada com as diretrizes do Ensino Médio, que, em 2010, estavam em processo de reformulação no Conselho Nacional de Educação.

EDITORA: *Que mudanças se farão necessárias na formação docente para que ela possa incorporar melhor o trabalho pedagógico por áreas de conhecimento?*

MNR: O Enem e o Ensino Médio Inovador não trazem proposta de acabar com as disciplinas, mas de promover uma integração maior entre elas por áreas de conhecimento, valorizando a interdisciplinaridade. As mudanças esperadas no Ensino Médio só vão de fato acontecer se a formação docente for profundamente mudada.

Em primeiro lugar, é preciso que as universidades e faculdades, responsáveis pela formação, estejam dispostas a mudar os currículos das licenciaturas. Essas instituições precisam urgentemente repensar suas licenciaturas para que os professores formados por elas sejam capazes de responder aos desafios do "novo" Ensino Médio. Com relação aos atuais professores, os governos federal e estadual precisarão oferecer esforços de formação continuada na linha da proposta do atual Ensino Médio Inovador. Embora ainda poucas em relação ao total das escolas públicas, algumas experiências na linha do Ensino Médio inovador encontram-se em curso no Brasil e se mostram bem-sucedidas.

A título de exemplo, citaria a experiência dos Centros de Ensino Experimentais – escolas de Ensino Médio em tempo integral –, implantados em Pernambuco, Ceará, Piauí e Sergipe. Esses centros seguem a linha pedagógica do Ensino Médio Inovador, com um forte caráter interdisciplinar. O projeto pedagógico trabalha com os eixos educação para valores, protagonismo e empreendedorismo juvenil, práticas e vivências, associativismo juvenil, cultura da trabalhabilidade e certificação profissional.

Particularmente, eu não inventaria a roda, mas procuraria fazer essa formação continuada empregando os professores dessas escolas que já estão trabalhando nos moldes do Ensino Médio Inovador, até porque as universidades estão muito distantes das atuais necessidades do Ensino Médio.

Por exemplo, para que a interdisciplinaridade seja de fato praticada e não fique apenas no papel, é absolutamente importante que os professores dessas escolas tenham um tempo destinado a reuniões regulares de planejamento e de articulação dos conteúdos. Considerar exemplos concretos do dia a dia e associá-los aos conteúdos ensinados de forma articulada não é simples, mas é absolutamente desejável. Só assim o jovem poderá vislumbrar uma escola motivadora, que lhe permita dar sentido ao que ele está estudando. Isso requer tempo para planejamento, para discussões internas, e, talvez por isso, a proposta do Ensino Médio Inovador requer a presença do professor em tempo integral.

Assim, no projeto pedagógico da escola é fundamental dar ênfase ao planejamento das atividades e dos conteúdos ensinados. O sucesso do Ensino Médio Inovador, e, por consequência, do desempenho do aluno no próprio Enem, passará pela formação docente com essa nova visão da interdisciplinaridade e da articulação de saberes por áreas de conhecimento, preservando a disciplina ministrada, porém articulando-a com as demais.

Outro aspecto importante: é preciso que esse professor seja capaz de promover a curiosidade pelo inusitado e pelo espírito inventivo. É nesse contexto que se insere a importância da pesquisa científica associada à atividade de iniciação científica, como previsto no Ensino Médio Inovador. Assim, a formação pós-graduanda deve ser incentivada na formação docente, integrada às necessidades do Ensino Médio.

Por fim, encerro esta nossa conversa contando uma das mais gratificantes experiências que vivi ao longo desses 33 anos dedicados à causa da educação.

Fui professor de Física do Colégio de São Bento, em Olinda, onde ministrei os ensinos Fundamental II e Médio (naquela época, Ginásio e Científico). Ao terminar o primeiro semestre, o diretor do colégio me chamou para uma conversa, pois se deparava com o seguinte problema: minhas aulas eram muito bem avaliadas pelos alunos, porém mais da metade deles estaria, naquele momento, reprovada. A dificuldade estava na Matemática, pois os alunos não sabiam resolver as questões de Física por não conhecer a álgebra necessária. Como motivá-los a superar essa dificuldade? Não seria fácil, tínhamos pouco tempo pela frente. Os conteúdos das aulas de Física tratavam dos temas Termologia e Óptica, ou seja, calor e luz.

Busquei a solução no cotidiano, pelo olhar da investigação. Resolvi montar um laboratório de energia solar no colégio, e tudo mudou. Os alunos, divididos em grupo, construíam fogões solares, coletores e destiladores, contando com a assessoria dos pesquisadores do Laboratório de Energia Solar (LES) da UFPB. Para a construção do fogão solar, era preciso calcular corretamente o ângulo de declive dos vidros, para coletar a água que foi destilada da água salgada, e por aí afora. Dessa forma, meus alunos ganharam uma motivação adicional para aprender a matemática necessária aos problemas de Física, e assim os resultados esperados foram alcançados, com todos aprendendo. Faz 34 anos, e até hoje trago comigo essa experiência.

2
O processo de avaliação

Profª Drª Edna Maura Zuffi

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – Universidade de São Paulo (USP)

Quando éramos alunos, muitas vezes criticávamos as formas de avaliação pelas quais tínhamos de passar na escola, fosse porque elas nos causavam um grande frio na barriga, ou porque não concordávamos com os critérios adotados por nossos professores para a atribuição de notas.

De fato, o processo de avaliação da aprendizagem, que deve ser articulado com o planejamento e com o ensino propriamente, é complexo e sempre será passível de críticas e novas sugestões. Entretanto, o que vemos frequentemente é que, ao nos tornarmos professores, reproduzimos em nossas propostas avaliativas aquilo que vivenciamos no passado. Em geral, ainda é comum constatarmos nas escolas um enfoque meramente classificatório e meritocrático, com ênfase em propostas que não raras vezes reduzem a avaliação ao momento das provas mensais e bimestrais, sem proporcionar aos alunos uma real reflexão sobre sua aprendizagem.

Uma restrição à aplicação única de provas tradicionais, nas quais se espera que os alunos resolvam questões ou problemas muito similares àqueles trabalhados em classe, com enunciados diretos e sem exigência de grande elaboração por parte dos estudantes – é que, em geral, por uma questão de tempo, apresentam um número mínimo de itens, entre perguntas, exercícios e problemas, conforme as características da disciplina. Quase sempre essas provas não apresentam a abrangência necessária dos conteúdos, habilidades e valores a serem avaliados. Se, por coincidência, um aluno tiver a sorte de ter estudado mais a matéria relativa às questões selecionadas, ele poderá obter sucesso, enquanto outro, em situação inversa, poderá obter uma nota baixa, mesmo que ambos tenham um nível equivalente de compreensão real do assunto.

Muitos colegas professores utilizam outros mecanismos para ajudar a melhorar as notas dos alunos, como os trabalhos extraclasse ou a atribuição de pontos adicionais para os que têm frequência em aula. Esses mecanismos seriam muito importantes para a avaliação formativa dos estudantes se não fossem usados apenas como um paliativo superficial para a promoção dos alunos, acabando por camuflar seu real estado de aprendizagem. Em muitos casos, os trabalhos apresentados são apenas textos copiados da internet, sem nenhuma revisão ou reflexão por parte dos estudantes, e a mera adição de pontos pela frequência em sala de aula não deixa claro para eles como foi sua participação efetiva nas atividades. Outras vezes, os professores aplicam diversas "provinhas" com o intuito de favorecer a "avaliação continuada", sem, entretanto, mudar o caráter das questões e das tarefas a serem realizadas. Assim, é justificado o uso de tais artifícios como se fossem o que os autores costumam chamar de "avaliação formativa", porém esta engloba muito mais!

A avaliação formativa é um contraponto à visão daquela tecnicista e meramente classificatória. Alguns pesquisadores trazem considerações importantes sobre a avaliação como processo de *mediação* da aprendizagem. Uma ação avaliativa mediadora envolveria a análise, nas situações-problemas propostas ao educando, das hipóteses por ele formuladas, de suas ações e manifestações, visando essencialmente sua maior compreensão dos conceitos e das habilidades que estão em jogo. Tais processos mediadores objetivariam encorajar e orientar os alunos à produção de um saber qualitativamente superior, pelo aprofundamento das questões propostas, ao gerarem oportunidades de novas vivências, leituras ou quaisquer procedimentos enriquecedores do tema que se trouxe na avaliação. Nessa perspectiva, "ser avaliado" passa a ter outro significado. É a possibilidade que o aluno terá de refazer o que não fez certo, ou de melhorar o que foi feito. Os erros cometidos pelos estudantes não mais assumiriam um caráter de penalidade, mas se transformariam em tópicos de discussão e geração de novos saberes, ultrapassando dificuldades que se manifestaram numa primeira tentativa. Nessa nova proposta, o aluno não deve aceitar passivamente a correção do professor, sem saber qual seria um caminho alternativo para evitar os erros, ou por que eles ocorreram. Por sua vez, o professor deve traduzir em linguagem clara para os interessados os detalhes sobre o desempenho da classe, dizendo o que deveria ter sido feito para a melhoria dos resultados, indicando aspectos específicos sobre erros e também sobre formas consideradas adequadas de resposta.

Um problema muito comum com a aplicação única de provas tradicionais é que, muitas vezes, os professores as veem como um fim em si mesmas e não aproveitam os momentos imediatamente posteriores à correção para gerar uma atividade investigativa e mediadora de novas aprendizagens. Com as práticas de avaliação formativa, propõe-se um foco maior na compreensão real dos conteúdos e procedimentos avaliados, e não somente para aqueles alunos que usualmente se saem bem nas provas, mas também para aqueles que não apresentam bom desempenho, os quais podem ter outras chances de aprender com seus erros.

Relatamos, aqui, uma experiência realizada em universidade brasileira com professores do Ensino Fundamental e Médio, na qual se propôs que os alunos, após a resolução das provas, recebessem-na corrigidas e as refizessem, resolvendo as questões que deixaram em branco ou as que resolveram de modo incompleto ou incorreto, sem terem acesso aos gabaritos. Assim, os alunos teriam de estudar mais os conteúdos envolvidos nas provas, depois de repetidos retornos com indicação de erros e acertos, até que aprendessem o suficiente para resolvê-las integralmente.

Para isso, poderiam utilizar as fontes que quisessem: cadernos, livros didáticos ou outros materiais. Só receberiam auxílio dos professores caso não conseguissem resolver sozinhos alguma questão após várias tentativas. Essa experiência foi realizada em uma escola com as disciplinas de Língua Portuguesa e Matemática, mas poderia ter sido feita com qualquer outra. E os resultados foram muito positivos quanto ao desempenho desses alunos nas avaliações posteriores, tanto dentro da própria escola quanto em avaliações externas, ou em olimpíadas acadêmicas.

Principalmente no Ensino Médio, é frequente vermos um enfoque excessivo à pedagogia do exame, na qual "resolver provas" para o preparo aos exames vestibulares, com seus modelos e suas propostas tecnicistas, torna-se a questão primordial, quase que independentemente do processo de ensino e aprendizagem. A nota domina quase tudo, e é em função dela que se vivencia a prática escolar. Na medida em que estiver polarizada pelos exames, a avaliação não cumprirá sua função de auxiliar nas decisões para a melhoria da aprendizagem. Não queremos dizer, com isso, que avaliações de caráter classificatório não possam ser realizadas, mas outras propostas também precisam ser vivenciadas pelos alunos.

A avaliação educacional deve ter também um caráter de *diagnóstico* da situação de aprendizagem, tendo em vista o avanço e o crescimento dos educandos. Ela envolve juízo de valores, baseados em critérios preestabelecidos e caracteres relevantes da realidade em que se insere, considerando também as diferenças étnicas, socioculturais e econômicas que podem interferir nas condições de desempenho de certas classes ou escolas, o que demanda uma tomada de posição sobre o objeto avaliado e decisões sobre o andamento do processo de ensino e aprendizagem. A avaliação é neutra!

Para se efetivar esse caráter diagnóstico, é muito importante que o professor tenha consciência dos objetivos que quer alcançar com determinadas unidades de ensino, para que possa inserir, no processo avaliativo, atividades que verifiquem se esses objetivos foram realmente atingidos. Para isso, a avaliação não pode deixar de ser racional, rigorosa e impessoal, em certo nível possível – aqui no sentido de que o professor deve deixar de lado preconceitos e julgamentos pessoais que possam interferir drástica e negativamente em sua forma de avaliar as atividades de cada aluno. Não deverá verificar a aprendizagem com base em *mínimos possíveis*, mas sim em *mínimos necessários* para tornar cada um mais qualificado, dentro da realidade social em que se insere. Luckesi nos fornece um ótimo exemplo para refletirmos: digamos que um aluno, numa escola de pilotagem de Boeing, fosse aprovado com nota 10 (dez) em decolagem e nota 2 (dois) em aterrissagem; portanto, média geral 6 (seis). Você viajaria com esse piloto? Se por um lado ele teve a média mínima atendida para sua aprovação, o conhecimento necessário para pilotar não foi alcançado. É nesse sentido que o autor coloca que, muitas vezes, os *mínimos possíveis* não são suficientes na aprendizagem, principalmente quando esta envolve o desenvolvimento de questões técnicas que presumem a responsabilização do aprendiz. O mesmo se poderia dizer de um técnico de laboratório que deve aprender sobre o manejo de determinados produtos químicos: se ele aprende apenas o mínimo sobre as substâncias, suas propriedades e reações possíveis, e não o necessário para exercer sua função, poderá causar danos a outras pessoas ou aos equipamentos. É nesse sentido que o professor deve usar a avaliação como um diagnóstico realista das habilidades e dos conhecimentos adquiridos pelo estudante, dentro dos objetivos educacionais planejados para o contexto social em que a formação se insere.

O que ocorre na prática da avaliação, em geral, é que dificilmente os professores definem com clareza o que se espera da conduta do aluno, após ter se submetido a uma determinada aprendizagem. Isso pode dar margem a uma variabilidade no processo que depende mais do estado de humor do professor do que de um julgamento das condições de progresso e potencialidades do aluno. Então, faz-se necessário delimitar quais são os dados relevantes que são compatíveis com o objetivo a ser avaliado e os objetivos previamente estabelecidos. Aí está o verdadeiro caráter da avaliação formativa, em sua faceta diagnóstica, pois esta leva em conta os rumos que já foram tomados e as perspectivas de ampliação das potencialidades dos alunos, com as tomadas de decisões sobre as próximas ações de ensino a serem desenvolvidas para que os alunos aprendam mais.

Além da avaliação do professor, nesta perspectiva, também é interessante que os alunos se autoavaliem, a fim de estabelecerem um julgamento crítico sobre a própria aprendizagem, verificando as atividades que efetivamente realizaram, o nível de empenho que empregaram nelas, as dificuldades que apresentaram e por que acham que as tiveram. Também é interessante que o professor avalie os recursos disponíveis no processo de ensino, sua própria atuação nesse processo e por que uma atividade pode não ter atingido os objetivos esperados.

O professor deve estar ciente de que o tipo de avaliação escolhida depende dos objetivos que quer atingir. Por exemplo, quando ele tem a necessidade de classificar muitos alunos e avaliar se estes dominam aspectos de algoritmos e técnicas da área em estudo, os *testes de múltipla escolha* podem ser uma boa opção. Já as *questões de resposta discursiva* devem ser propostas quando se deseja avaliar habilidades de expor, organizar e sintetizar conhecimentos. Outro recurso são as *fichas de registro*, que podem ser individuais ou de um pequeno grupo, para anotar comportamentos, problemas disciplinares, nível de participação e todo o processo de resolução de uma situação-problema ou de determinada tarefa investigativa. A avaliação feita por meio de *trabalhos práticos* em laboratórios ou com o uso de computadores e *software* educacional pode ser particularmente interessante para as áreas de Ciências da Natureza e de Matemática.

Também as *exposições orais* de resultados de pequenos projetos podem ajudar o professor a avaliar aspectos mais amplos do desenvolvimento dos alunos, como sua capacidade de expressão oral e visual em público, os valores que eles destacam como relevantes na execução do projeto, sua capacidade de organização em grupos de trabalho, etc. Os exercícios a serem realizados como tarefa extraclasse podem ajudar a verificar se o aluno está tendo progressos parciais durante o desenvolvimento de um determinado conteúdo. Finalmente, o uso de provas tradicionais, mas com a retomada posterior de suas questões para uma atividade de reflexão dos alunos, individualmente ou em grupo, pode ser importante para dar um fechamento e promover a síntese de uma unidade de ensino. Outro recurso tecnológico de que algumas escolas dispõem são as filmadoras e os vídeos, para uso em determinadas aulas de caráter mais investigativo, que podem ajudar o professor a acompanhar mais detalhadamente o desenvolvimento de seus alunos durante essas atividades.

A variação desses procedimentos, mas não necessariamente de todos, pode compor um panorama mais fiel sobre a situação de cada aluno ao longo de vários momentos do processo de ensino e aprendizagem, além de lhe fornecer oportunidades de mostrar o desenvolvimento de habilidades mais diversificadas. Pode também ajudar o professor a replanejar ações de ensino que envolvam determinados conteúdos que não foram assimilados de forma significativa, com a revisão do que foi selecionado, do método utilizado, das atividades realizadas e das relações estabelecidas em sala de aula.

Além dessa variedade de procedimentos de avaliação, salientamos também a importância de dar um retorno mais detalhado aos alunos e seus pais sobre o desempenho em cada um desses momentos, ampliando com os primeiros os momentos de reflexão sobre a própria aprendizagem.

Para finalizar, observamos que o professor precisa encontrar uma forma mais coesa de avaliar o aprendizado, levando em conta o projeto pedagógico de sua escola, e esta deve gerar mecanismos de planejamento, para tentar promover a recuperação daqueles que não foram capazes de aprender em algum período, conciliando diferentes lógicas de avaliação escolar, diferentemente do que ainda se vê no modelo tradicional, ainda o mais utilizado nas escolas. Para tanto, não podemos deixar de levar em conta a necessária preparação dos professores e da comunidade envolvida na escola, como pais, coordenadores e gestores. Sem isso, a chance de sucesso do uso da avaliação formativa para a aprendizagem significativa será muito reduzida.

A coexistência complementar entre o processo classificatório e o formativo nas avaliações do Ensino Médio poderia ser uma prática sem conflitos, uma vez que, ao mesmo tempo em que atenderia às normas e determinações do sistema escolar vigente, com o preparo para exames classificatórios externos, poderia auxiliar o aluno para uma compreensão maior e mais duradora dos conteúdos.

Isso poderia ser realizado, por exemplo, durante um bimestre, em cinco fases:

- Com a aplicação de testes diagnósticos sobre os conhecimentos prévios dos alunos, no início de uma unidade de ensino, a fim de verificar se o planejamento realizado pelo professor necessita de algum ajuste previamente à sua execução;
- Com o uso da avaliação continuada, através de situações-problema em que os alunos teriam seus desempenhos parciais registrados em um diário do professor, ou de desenvolvimento de atividades de laboratórios e exercícios extraclasse, variando-se os procedimentos avaliativos;
- Com uma avaliação mais classificatória por testes ou questões dissertativas, que verifique se os objetivos mais globais do assunto dessa unidade de ensino foram alcançados;
- Com a retomada das questões tratadas na avaliação classificatória, para que os alunos tentem realizá-las novamente, por exemplo, em atividades extraclasse, com posterior discussão em sala de aula sobre erros, acertos e dificuldades encontradas;
- E, finalmente, com a avaliação pessoal do professor e dos alunos (autoavaliação) a respeito do próprio desempenho, assim como das dificuldades e facilidades pedagógicas encontradas no desenvolvimento desta unidade, por parte do professor.

Os critérios de avaliação em cada etapa deverão ser estabelecidos com ciência prévia dos alunos e, se necessário, renegociando-os, conforme as especificidades dos conteúdos tratados naquela unidade e, também, levando-se em conta a realidade social e cultural dos estudantes, que deve se refletir nos objetivos de ensino. Fornecer uma receita para isso seria imprudente, uma vez que os professores é que detêm o conhecimento dessa realidade, mais do que ninguém, e essas condições variam infinitamente.

É claro que, conhecendo a realidade das salas de aula brasileiras – em que o número de alunos é grande e os professores precisam se dedicar, muitas vezes, a diversas escolas simultaneamente, com uma carga horária de trabalho extensiva –, sabemos que se torna muito difícil realizar todas essas fases em todas as unidades de ensino. Nossa sugestão aplica-se a uma situação mais próxima do ideal, em que o trabalho extraclasse do professor seja valorizado adequadamente. Nos casos em que isso não seja possível, sugerimos que pelo menos em alguma unidade de ensino do ano se apliquem todas as etapas, a fim de que o professor possa verificar os efeitos de uma avaliação mais formativa, que os alunos possam ter experiências pedagógicas mais ricas e que lhes desenvolvam maior senso crítico. Ou ainda, quando isso também não for possível, que em cada unidade de ensino se diversifique o método de avaliação, aplicando-se duas ou três dessas etapas.

Ficam, então, estas sugestões para aqueles que desejam fazer a diferença em sua escola: com a discussão sobre novas práticas avaliativas, a formação e experimentação dos professores, com registros e reflexões sobre suas novas experiências e com o envolvimento dos pais e alunos, a avaliação poderá se tornar um processo mais prazeroso, realista e eficiente, dentro das disciplinas específicas e da escola como um todo.

Leituras complementares sobre o tema

HAGA, M. S. et al. A avaliação e o seu potencial pedagógico para a mediação da aprendizagem. *Anais do X CEPFE:* Congresso Estadual Paulista sobre Formação de Educadores, p. 5585-97.

HAGA. M. S.; HAGA, K. I. Fundamentos de avaliação formativa: os conflitos e as conciliações entre as diferentes lógicas. *Anais do IX Congresso Estadual Paulista para Formação de Educadores*. Águas de Lindoia, SP, CD-ROM. 2007.

HOFFMANN, J. *Avaliação: mito e desafios:* uma perspectiva construtivista. Mediação: Porto Alegre, 1991.

KRASILCHIK, M. As relações pessoais na escola e a avaliação. In: CASTRO, A. D.; CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Ensinar a ensinar:* didática para a escola fundamental e média. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001. p. 165-76.

PERRENOUD, P. *A avaliação:* da excelência à regulagem das aprendizagens – entre duas lógicas. Rio Grande do Sul: Artmed, 1999.

____. Não mexam na minha avaliação! Para uma abordagem sistêmica da mudança pedagógica. In: ESTRELA, A; NÓVOA, A. (Org.). *Avaliações em educação:* novas perspectivas. Portugal: Porto, 1993. p. 171-91.

3

Ciências Naturais e a Leitura

Profª. Angela B. Kleiman

Ph. D. em Linguística pela University of Illinois, EUA, desenvolve pesquisas sobre leitura e ensino. É professora titular colaboradora do Instituto de Estudos da Linguagem da Unicamp.

A leitura é a atividade sem a qual nenhum plano de ensino e aprendizagem pode concretizar-se. Espera-se do aluno que cursa o Ensino Médio que seja um leitor com maior autonomia, capaz de ler com compreensão um alto volume de leitura, cerca de mil páginas de material didático, complexo, por ano, evidenciando bons hábitos de estudo e boas estratégias de leitura.

Com esse fato em mente, parece óbvio e desnecessário afirmar o papel central da escola no ensino, promoção e valorização da leitura, em todos os níveis, a fim de formar leitores autônomos, que gostem de ler e que vejam no texto escrito um instrumento para a contínua aprendizagem na vida social.

Mas nem sempre é óbvio que a escola alcança seus objetivos com o trabalho de todos os que aí convivem e, por isso, faz-se necessário reiterar que, quando se trata de formar novos leitores, todo professor, qualquer que seja a disciplina que leciona, é também um professor de leitura.

Acontece que o professor de Biologia, de Física ou de Química não foi preparado para ensinar a leitura. Entretanto, talvez queira ter algumas sugestões para saber como lidar com quem não consolidou seu hábito de ler no Ensino Fundamental. Foi levando isso em consideração que este texto foi produzido.

Toda e qualquer atividade relativa à compreensão dos métodos e procedimentos das Ciências Naturais envolve habilidades ou capacidades que se sustentam na leitura e compreensão de textos. Tal é a orientação dos documentos oficiais que enfatizam a importância da interdisciplinaridade em geral, e, em especial, do aprendizado das Ciências da Natureza dar-se em estreita proximidade com Linguagens e Códigos. Não é possível resolver questões de Química, Biologia ou Física no ENEM, por exemplo, sem relacionar dados e informações provenientes de múltiplas linguagens – simbólicas, gráficas e verbais –, nem é possível, sem a leitura, aplicar conhecimentos dessas disciplinas para "***solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental***"[5], uma das habilidades que a prova visa avaliar.

Se os alunos não entendem a linguagem científica, não entenderão os conceitos científicos, e sem eles fica inviabilizada a construção de relações – por exemplo, diferenciar o que é fato do que é opinião, o que é causa do que é consequência – com a finalidade de avaliar propostas baseadas na aplicação desses conhecimentos. Mais ainda, se o aluno não tem estratégias de leitura eficientes – tais como saber para que serve e como se lê o sumário; quando fazer uma leitura global e rápida; quando é importante ler detalhadamente – ele não conseguirá acompanhar as leituras exigidas nas aulas.

O letramento científico, ou seja, o domínio de conhecimentos científicos e tecnológicos, é hoje em dia absolutamente necessário para o cidadão desenvolver-se no cotidiano, na sua vida diária. Para desenvolver esse tipo de letramento, o professor da disciplina científica precisa ensinar os alunos a ler o discurso científico e a fazer uso da argumentação científica. E, para fazer isso, é necessário entender que o processo não é natural, que pode e deve ser ensinado.

Como isso pode ser feito? Dirigindo a atenção do aluno para questões que, para ele, professor, passam desapercebidas, de tão naturais e automáticas que viraram: questões como olhar o sumário do livro didático; perceber como estão organizados o capítulo e a unidade (evidentes nas cores e nos tamanhos diferentes de letras, por exemplo, nos títulos e subtítulos); perceber a função de fórmulas, esquemas, tabelas, diagramas e gráficos.

5 MEC. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Matriz de Referência para Ciências da Natureza e suas Tecnologias, ENEM 2009. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=13318&Itemid=310&msg=1>. Acesso em: 18 mar. 2013.

Aprender a ler e entender os textos científicos implica aprender a fazer inferências; entender a relação entre argumento científico e uma teoria; avaliar os argumentos apresentados no texto. Significa, ainda, ser capaz de avaliar os textos da mídia, como os textos científicos em jornais e revistas, garantindo assim uma familiaridade do aluno com diversos gêneros de divulgação da ciência, o que também faz parte do letramento científico.

De fato, documentos orientadores da estruturação curricular, como os PCNEM, já citados, apontam como um dos objetivos do ensino das Ciências Naturais (especificamente Física, Química e Biologia) e suas tecnologias o desenvolvimento de competências e habilidades intrínsecas à leitura, o que mostra a ligação inextricável entre letramento (uso e domínio da leitura e da escrita) e uso e aplicação dos conceitos, argumentos e conhecimentos de caráter científico.

Entre essas orientações, temos de "desenvolver a capacidade de comunicação" dos alunos, a fim de torná-los capazes de "ler e interpretar textos de interesse científico e tecnológico" e de "interpretar e utilizar diferentes formas de representação (tabelas, gráficos, expressões, ícones, etc.)". O documento também preconiza a relevância de "desenvolver o raciocínio e a capacidade de aprender", para que o aluno se mostre apto para, entre outras atividades, "formular questões a partir de situações reais e compreender aquelas já enunciadas"[6]. Todas as habilidades citadas são também habilidades de leitura.

Por exemplo, formular perguntas a si próprio em relação a um texto, antes de lê-lo (que não são as perguntas feitas no final do texto, para avaliar a compreensão), é uma das estratégias que caracteriza o leitor proficiente, maduro, autônomo. Trata-se também de uma das estratégias mais viáveis de ser ensinada, pois é passível de ser demonstrada pelo professor: ao se fazer perguntas que espera ver respondidas, ele demonstra seu engajamento cognitivo, sua forma de raciocinar, sua curiosidade intelectual e sua expectativa, ou crença, de que a palavra escrita poderá satisfazer sua curiosidade intelectual e informar-lhe sobre aspectos interessantes, valiosos, atuais, relevantes para a vida social.

Conforme já mencionado, o professor pode fazer uma demonstração de estratégias de leitura, como a de formular perguntas antes de ler para depois ler procurando as respostas, explicitando essa e outras estratégias que são automáticas para todo leitor proficiente (inclusive para ele, o professor); ensinar a importância de perceber a organização geral do livro, capítulo ou texto, mostrando como funciona o sumário, quais as partes de uma unidade e como são sinalizadas; para que servem as notas, também já citadas; etc. Além dessas estratégias, o professor pode explicitar as relações de sentido entre a linguagem verbal e a linguagem não verbal, analisando as imagens, lendo as legendas que acompanham as imagens, relacionando partes do texto verbal com as imagens, entre possibilidades diversas.

É possível elencar várias outras dessas estratégias, muito simples, que podem ser ensinadas ao leitor em formação:

1) Na seleção do texto, levar em consideração os conhecimentos prévios do aluno e as reais possibilidades de aplicação das informações científicas veiculadas no texto.

2) Determinar o que é mais importante num texto, o que é central para a compreensão. O professor pode ajudar o aluno a encontrar marcas ou guias sobre o que é importante, como a reiteração, o fato de uma determinada informação (ou conceito) aparecer mais de uma vez, por exemplo, no título, no resumo, na imagem, quando se trata de um texto didático, ou na manchete, na chamada e na foto, quando se trata de um texto jornalístico.

3) Ajudar o aluno a antecipar os conteúdos da unidade. Por exemplo, ler em voz alta as dicas do texto, como as perguntas no fim do capítulo (porque serão elas as que estarão respondidas no texto); ler os títulos e subtítulos mostrando que eles dão pistas dos conteúdos que serão desenvolvidos.

4) Explicitar a necessidade de estar sempre alerta durante a leitura, para evitar continuar "lendo" (isto é, passando os olhos) sem entender. Isso implica perceber que um trecho não está claro. Ensinar ao aluno que, uma vez percebido que uma determinada passagem não ficou clara, não foi compreendida, é possível tentar diversas estratégias para esclarecer o significado. Entre essas estratégias, o aluno pode: (a) ignorar o trecho e continuar lendo para ver se fica mais claro na continuação. De fato, essa técnica mostra também que é possível inferir significados e usos de palavras na leitura, com ajuda do contexto; (b) reler a parte que não está clara; (c) procurar alguma conexão entre o trecho que está confuso e algo que já é conhecido. Esta estratégia mostra também ao aluno a importância de estar constantemente mobilizando seu conhecimento prévio.

Além de estratégias de leitura como as exemplificadas, o professor também pode ensinar bons hábitos de leitura e de estudo, enfatizando a importância de tais práticas para um jovem ou adolescente de quem se espera muita autonomia no estudo e uma capacidade ampliada de leitura de textos cada vez mais complexos. Para o autodesenvolvimento do aluno, a prática de leitura é essencial. Deve-se sugerir ao aluno que pratique a leitura todos os dias, de qualquer gênero, para qualquer objetivo. O aluno deverá conscientizar-se de que, quanto mais praticar, mais fácil ficará a leitura.

Uma sugestão que com certeza será útil para o jovem e adolescente consiste em reiterar o valor de usar o tempo escolar desenvolvendo boas estratégias de leitura, pois à medida que os alunos vão avançando no Ensino Médio, os professores vão, provavelmente, concentrar-se muito mais nos conteúdos do currículo do que no desenvolvimento de capacidades de leitura, apesar de leitura e aprendizagem se constituírem mutuamente numa perspectiva de letramento científico como a que aqui adotamos.

[6] MEC. PCN (ENSINO MÉDIO). Parte III, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, 2000, p. 12. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2013.

Uma questão importante a ser levada em conta quando o professor das Ciências Naturais está tentando ajudar os alunos a se familiarizarem com os textos que embasam o letramento científico é que, nessa perspectiva de letramento, a leitura faz parte da aprendizagem dos conteúdos; ela não constitui uma atividade separada desse aprendizado, aliás, podemos ir mais longe e afirmar que é parte constituinte dele.

Isso porque a aprendizagem de conteúdos científicos não envolve apenas aprender os conceitos das disciplinas das Ciências Naturais. Também abrange aprender a usar a linguagem das disciplinas científicas de forma fluente e eficiente. De uma perspectiva sociocultural, própria do letramento científico, aprender uma ciência como a Física, a Biologia, a Química, consiste, é claro, em aprender os fatos e conceitos científicos, por um lado, e em aprender a argumentar, ler e escrever na linguagem científica, por outro. Em outras palavras, envolve entender e usar o discurso como os cientistas fazem, já que a capacidade de apreender (novos) conceitos e conteúdos científicos depende de nossa compreensão das convenções discursivas da área e do conhecimento e da compreensão dos conceitos relevantes.

Isso fica evidente mesmo num pequeno trecho de Física, como o seguinte:

> *"... sabemos que a reflexão e a refração da luz podem ser explicadas admitindo-se que a luz tem caráter ondulatório, a partir do princípio de Huygens [...] a explicação da refração da luz a partir do princípio de Huygens consagrou definitivamente o modelo ondulatório da luz quando se conseguiu medir a sua velocidade na água."*[7]

A compreensão desse trecho envolve entender que as experiências de reflexão e refração, realizadas por físicos experimentais, são explicadas por uma teoria que predizia isso, o princípio de luz ondulatória de Huygens. Ao mesmo tempo, é preciso entender / lembrar que havia um outro modelo teórico (o modelo de luz corpuscular de Newton) que foi substituído por este – o uso das palavras c*onsagrou* e *definitivamente* implicam a existência desse modelo anterior e o entendimento de como avança o conhecimento científico permitem entender por que o novo modelo (princípio de Huygens) é hoje consagrado.

O ensino dos conceitos e das convenções do discurso científico são parte constitutiva do letramento científico. Para além desse conhecimento, é também objetivo do ensino das Ciências Naturais a formação de indivíduos que sejam capazes de: (1) *compreender e utilizar a ciência como elemento de interpretação e intervenção, e a tecnologia como conhecimento sistemático de sentido prático*; (2) *utilizar elementos e conhecimentos científicos e tecnológicos para diagnosticar e equacionar questões sociais e ambientais;* e (3) *entender o impacto das tecnologias associadas às Ciências Naturais na sua vida pessoal, nos processos de produção, no desenvolvimento do conhecimento e na vida social*[8].

Ou seja, além do letramento científico, espera-se que o aluno desenvolva práticas de letramento científico e cívico, a fim de poder tomar, em sua vida diária, decisões informadas pela ciência. A capacidade de continuar aprendendo ao longo da vida pode vir a suprir qualquer deficiência no sistema de ensino. Todavia, todo conjunto de conhecimentos científico está em contínuo estado de transformação pelas novas descobertas e reformulações, que são parte constitutiva do fazer e do saber científicos. Daí que, para formar um aluno letrado, do ponto de vista científico, será necessário investir na formação de um leitor que pode continuar seu processo de formação e atualização ao longo da vida. Não é uma tarefa simples, como os dados sobre o letramento científico na maior parte do mundo nos mostram, mas é uma tarefa que vale a pena realizar.

4
Materiais didáticos digitais

Ismar Frango Silveira
Coordenador da CEIE – Comissão Especial de Informática na Educação
SBC – Sociedade Brasileira de Computação

Desde tempos remotos, o ser humano tem se defrontado com a necessidade de criar ferramentas com propósitos diversos, sendo o principal deles, possivelmente, o de facilitar a sua vida. Os computadores, essas valiosas ferramentas do nosso tempo, tão presentes e necessários no nosso dia a dia, não parecem ter a mesma presença no cotidiano das escolas, apesar de todo o seu potencial.

Sabemos que as escolas brasileiras enfrentam muitos problemas, para cuja resolução a ação do professor é fundamental. E isso se aplica também ao uso efetivo de computadores no ensino. Não se trata de nós, professores, ensinarmos nossos alunos a usar os computadores, a navegar na internet ou a usar programas aplicativos – como editores de texto ou planilhas. Isso eles já sabem (melhor que nós, geralmente) ou podem aprender de maneira autônoma, sem a nossa ajuda. Lembremos que nossos alunos são o que se convencionou chamar de **nativos digitais** – crianças e adolescentes que nasceram em um mundo imerso em tecnologia.

Mesmo que – por condições sociais, geográficas ou culturais – esses alunos não tenham pleno acesso a computadores e a internet em suas casas, o mundo no qual eles vivem propicia uma série de oportunidades para que tenham contato com a tecnologia e para que esta venha a fazer parte de suas vidas, como aconteceu com o rádio e a TV para outras gerações. Grande parte de nós, professores, pertence ao grupo que se denomina **imigrantes digitais** – nascemos em uma época em que os computadores não eram onipresentes e tivemos contato com essas tecnologias depois do nosso

[7] P. 266 Compreendendo a Física: Ensino Médio,

[8] Brasil. MEC. *PCN (Ensino Médio)*. Parte III, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, 2000, p. 13.

processo de letramento. De maneira similar a pessoas que imigram para outro país, podemos até dominar a "linguagem" do mundo digital, mas, para nós, ela não é nativa.

E o que esperam os nativos digitais de nós, imigrantes digitais, como seus professores? Na verdade, o que sempre esperaram: que os ensinemos dentro de nossas áreas de conhecimento, mas preferencialmente na "linguagem" que lhes é familiar. E de que maneira podemos nos comunicar nessa "linguagem" que não é familiar – e por vezes, nem mesmo amigável – para muitos de nós?

Uma questão que logo nos vem à mente é: para que fazer isso? Por que razões utilizar computadores em sala de aula? Podemos listar algumas das (muitas) razões:

- **Motivação**: o uso de computadores em si não garante uma motivação maior dos alunos. Esse uso deve ser cuidadosamente planejado e estar em sincronia com as demais atividades da disciplina. Em outras palavras, levar os alunos para a sala de computadores para atividades genéricas, sem foco, como "fazer pesquisas na internet", costuma ter pouca ou nenhuma eficácia. Entretanto, o uso de computadores com objetivos bem claros e diretamente associados aos tópicos do plano de ensino tende a ser uma atividade motivadora e com um bom potencial de impacto no aprendizado dos alunos.
- **Novas possibilidades de experimentos**: há muitos casos de atividades que requerem recursos específicos (como laboratórios de Física), ou que trazem algum tipo de risco (é o caso de algumas atividades de Química e Biologia, por exemplo) e que poderiam ser realizadas com simuladores virtuais, com segurança e sem custo. Há ainda atividades que não poderiam ser executadas em condições normais, para as quais distintas ferramentas computacionais podem ser usadas.
- **Aprendizagem autônoma**: os alunos podem desenvolver atividades fora do horário de aula com as ferramentas aprendidas com o professor, ou mesmo com outras ferramentas buscadas e encontradas por eles na internet.

Dessa maneira, os recursos digitais trazem um conjunto de novas possibilidades ao professor por proporcionar situações didáticas diferenciadas, que, de outro modo, não poderiam ser implementadas em sala de aula. Tais recursos não vêm substituir o material didático tradicional: muito pelo contrário, sua função é complementar o material já comumente utilizado pelo professor, ampliando as possibilidades do fazer docente.

E que recursos existem para ser usados? Há vários tipos de recursos, cada um com uma série de possibilidades didáticas. O Ministério da Educação entende por recursos digitais "vídeos, imagens, áudios, textos, gráficos, tabelas, tutoriais, aplicações, mapas, jogos educacionais, animações, infográficos, páginas *web* e outros elementos". Eles podem ser assim classificados:

- **Livros digitais** ou *e-books*: são versões digitais de livros em papel, ou de obras completas pensadas para o formato digital. Podem ser estáticos (como os livros em papel, que contêm textos e imagens) ou dinâmicos (podem incluir vídeos, animações, simulações ou qualquer outro conteúdo dito multimídia – ou seja, que agrega várias "mídias", ou formas de representação da informação).
- ***Softwares* educacionais**: são programas de computador feitos especificamente para fins educacionais. Em sua maioria, necessitam de instalação nos computadores (o que não é – ou não deveria ser – exatamente um problema), mas muitos são planejados para utilização sob orientação do professor, visando um resultado de aprendizagem mais efetivo. Um exemplo gratuito desses *softwares* é o GeoGebra (para aprendizagem de Matemática; <www.geogebra.org>, acesso em: 18 mar. 2013).
- **Objetos de aprendizagem**: na prática, correspondem a todo e qualquer elemento digital que possa ser usado e reutilizado em situações de aprendizagem – de um texto em PDF ou um conjunto de *slides* a um simulador virtual, incluindo também nessa definição animações, vídeos, jogos digitais e outros tipos de recursos. Apesar de vários desses objetos serem encontrados de maneira simples por meio de buscadores da internet, existem repositórios deles que fornecem mais informações (chamadas "metadados") sobre cada um, como autores, público-alvo, sugestões de uso, etc. Em âmbito nacional, o MEC mantém o Banco Internacional de Objetos Educacionais (BIOE; <objetoseducacionais2.mec.gov.br>, acesso em: 18 mar. 2013), vasto repositório com grande variedade de objetos de aprendizagem.
- **Recursos educacionais abertos**: seguem a mesma linha dos objetos de aprendizagem, com a ressalva de que os elementos, além de utilizados e reutilizados, podem também ser modificados e adaptados livremente. O *site* <rea.net.br> (acesso em: 18 mar. 2013) traz uma série de informações a respeito.

Porém, que tipos de computadores são necessários para trabalhar com esses elementos? Muitos deles encontram-se disponíveis para uma boa variedade de dispositivos, desde computadores *desktop* (de mesa) e *notebooks*, a até mesmo *tablets* e *smartphones*. Já alguns *softwares* educativos apresentam algumas exigências técnicas para instalação (tipo específico de sistema operacional, quantidade mínima de memória no computador, etc.), enquanto alguns objetos de aprendizagem necessitam que determinados *plugins* (programas adicionais) estejam instalados.

Equipamentos e programas, entretanto, nada mais são do que ferramentas. E, como foi dito no início deste texto, ferramentas são criadas com o intuito de facilitar o nosso dia a dia. Assim, mais importantes que as ferramentas são as pessoas que vão utilizá-las: os professores, dispostos a ressignificar o seu papel como formadores de cidadãos plenamente aptos a tirar proveito das tecnologias de nosso tempo; e os alunos, que poderão manejá-los como veículos de informação, interação social, entretenimento e aprimoramento intelectual.

6 Estratégias para trabalhar os capítulos

Capítulo 1 — O que é Química?

Professor

Aqui começam as orientações para o Capítulo 1 (p. 12 a p. 21).

Objetivos do capítulo

O objetivo deste capítulo é discutir o objeto de estudo da Química. Abordamos o nível fenomenológico e destacamos temas ligados a diferentes contextos sociais nos quais o conhecimento químico se faz presente.

Em termos metodológicos, pretendemos que os alunos sejam introduzidos em nossa forma de trabalhar em sala de aula: **possibilitando sempre a discussão e a elaboração de respostas, mesmo que parciais, pelos próprios alunos**. É fundamental que você os estimule a participarem emitindo suas opiniões e ouvindo e respeitando as contribuições dos colegas.

Na **Atividade 1** – "Elaborando e debatendo ideias sobre a Química" – abordamos as ideias que os alunos possuem sobre o que é Química e propomos uma discussão sobre a confusão que normalmente se estabelece entre os conceitos "natural" e "sem química".

O **Projeto 1** – "Pesquisando, selecionando, organizando e apresentando informações" – tem como objetivo propor aos alunos uma abordagem de pesquisa que envolve busca, seleção e organização de informações relacionadas aos temas propostos. Sugerimos sete temas, mas nada impede que você proponha outros que estejam mais em evidência no momento ou que se relacionem mais estreitamente com algum problema ou questão de sua comunidade. O mais importante neste projeto é quebrar a concepção cristalizada de que a pesquisa é um trabalho que se resume em "copiar" o conteúdo de um livro ou "baixar" algum texto ao qual o aluno teve acesso pela internet. Estimule seus alunos a fazerem visitas e entrevistas e a consultarem páginas na internet e material bibliográfico especializado. Com relação à internet, ressalte sempre a importância de se adotar um método de pesquisa, selecionando *sites* confiáveis. Reúna-se com os grupos e ajude-os a organizar as informações. Estimule-os a escrever um texto com suas próprias palavras e introduza noções básicas de citação bibliográfica. Incentive-os a procurar os serviços oferecidos pela biblioteca da escola ou pela biblioteca pública mais próxima.

No **Texto 1** – "Química: bicho de sete cabeças?" – destacamos algumas questões relacionadas à Química, seu papel em nossa sociedade, sua importância como conhecimento científico e a relevância de seu estudo na escola. Neste texto apresentamos dois triângulos que fundamentam a proposta do livro: um aborda os aspectos do conhecimento químico: os **fenômenos**, as **teorias e modelos** e as **representações**. O outro aborda os objetos e focos de interesse da Química: as **propriedades**, a **constituição** e as **transformações** de materiais e substâncias. É muito importante para o bom desenvolvimento da proposta do livro que você reserve um tempo para discutir esses triângulos com seus alunos, pois eles serão retomados ao longo dos capítulos. Esses triângulos contêm a essência de certa forma de pensar o mundo a partir da Química que pretendemos desenvolver nos alunos. Por isso é importante que eles tenham consciência não só da existência dos triângulos, mas também das relações que vão sendo construídas à medida que os assuntos vão sendo apresentados.

Sugestões para a organização do trabalho com os alunos

Você pode organizar o trabalho com os alunos iniciando a aula com a Atividade 1, feita em grupo. Após a realização da atividade, conduza uma discussão retomando a ideia de Química como ciência que estuda as propriedades, a constituição e a transformação dos materiais. Destaque a relação entre os termos "sem química" e "natural", citando ainda a relação entre a Química e "o que faz mal", "o que polui", concepções que frequentemente surgem quando os alunos discutem suas ideias sobre Química.

Outra sugestão é pedir aos alunos que procurem notícias de jornal e/ou de revistas que revelem um pouco do que as pessoas sabem sobre Química. Pode-se também organizar entrevistas com parentes, amigos e vizinhos para saber suas ideias sobre o assunto. Em ambos os casos, o importante é utilizar o material trazido pelos alunos para discussões em sala.

O Projeto 1 pode ser desenvolvido por um período maior de tempo, com algumas etapas intermediárias para que você possa orientar os alunos. Os temas podem ser abordados de forma mais específica. Por exemplo, no tema "Químicos brasileiros" os alunos podem escolher um químico e investigar o trabalho que ele faz. Isso pode ser feito diretamente com um profissional da área que eles conheçam ou por meio da leitura de artigos de história da química ou de páginas publicadas em *sites* de universidades.

Pode ser interessante visitar alguma instituição ou empresa. Se algum dos grupos optar por este caminho, é importante que seja elaborada uma carta de apresentação dos alunos, com papel timbrado da escola, para facilitar o acesso deles. Também é importante conversar com o grupo pre-

viamente, explicitando aspectos importantes relacionados ao comportamento durante a visita, o foco das questões e a busca de informações.

Resolução de atividades

Atividades

A1. Respostas possíveis: Misturas, substâncias, bomba atômica, remédios, poluição, laboratório, tabela periódica, ebulição, reações, ácidos, etc. **Comentário**: Os alunos apresentam uma diversidade de temas, sendo que alguns, como bomba atômica, não envolvem exatamente transformações químicas.

A3. No anúncio, “totalmente natural” é utilizado para informar que o princípio ativo é extraído de plantas, vindo portanto diretamente da natureza. Ao dizer “sem química”, pressupõe que o que é natural não pode conter substâncias químicas, dando a ideia que tudo o que vem da Química é prejudicial à saúde. **Comentário**: Será essa a relação a ser trabalhada com o aluno, pois grande parte deles acredita que as substâncias químicas são sempre artificiais ou então que são prejudiciais à saúde.

A4. Metais (ferro fundido, aço, alumínio e magnésio, em ligas para rodas), plásticos, borracha (natural e sintética), vidro, tecidos (naturais e sintéticos), madeira, couro, tinta.

A5. A madeira, o couro, os tecidos de algodão ou linho. **Comentário:** Os alunos citam a borracha, mas o látex sofre processamento antes de ser borracha; citam os metais, porém estes são obtidos por meio da redução de seus minérios; citam o tecido, mas até os de fibra natural são confeccionados nas indústrias; mesmo o couro, apesar de ser extraído da natureza, não é usado sem prévio tratamento.

A6. Os metais, os plásticos, a borracha sintética e as tintas.

Sugestão de atividade adicional

Visita a uma fábrica de pães e a uma fábrica artesanal de pães

Essa atividade tem por objetivo comparar como são fabricados pães em dois processos completamente diferentes: o industrial e o artesanal.

Os alunos deverão ser divididos em dois grupos e cada um irá realizar a visita a uma das fábricas. Durante a visita, eles deverão tentar responder às seguintes demandas:

1) Qual a produção diária da fábrica? (O que envolve considerar os diferentes produtos que ela fabrica.)
2) Descrevam uma das linhas de produção, detalhando quantas pessoas estão envolvidas, quais as etapas do processo e quanto tempo leva para produzir uma unidade.
3) Descrevam como são embalados os produtos e pesquisem como são obtidas as embalagens.
4) Considerando toda a sua visita, vocês detectaram algum risco de acidentes para o pessoal da fábrica? Explique.
5) Tirem fotos, sempre que possível, de todo o processo de produção de pães e façam legendas descrevendo a etapa retratada.

Os alunos deverão preparar um relatório da visita para posterior apresentação para a classe. Na apresentação, o professor deve destacar as semelhanças e diferenças entre os dois processos de fabricação de pães, chamando a atenção para os custos e os benefícios envolvidos em cada um.

Sugestões de leitura para formação do professor

Tema 1: O que faz um químico?

- BENITE, C. R. M.; BENITE, A. M. C.; ECHEVERRIA, A. R. A pesquisa na formação de formadores de professores: em foco, a educação química. *Química Nova na Escola.* São Paulo: SBQ, v. 32, n. 4, nov. 2010, p. 257-266. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32_4/08-PE1909.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2013.

Este artigo explicita como a adoção da pesquisa como princípio articulador contribui para a formação do professor formador, que pode ser considerado um profissional autônomo e emancipado, porque foi capaz de refletir criticamente sobre a sua prática para compreender tanto as características dos processos de ensino-aprendizagem quanto o seu contexto de ação. Dessa forma, esse artigo abre o espaço para a discussão sobre formação de professores de química.

- CHAGAS, A. P. *Como se faz Química*. 3. ed. Campinas: Ed. da Unicamp, 2006.

Este livro aborda as diversas formas de atuação de um químico. Aponta o que dele se espera, alertando para sua responsabilidade social, num momento de graves desrespeitos ao equilíbrio ambiental.

- ___. Ferramentas do químico. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 5, 1997. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc05/conceito.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

Neste artigo são discutidos diferentes conceitos químicos inter-relacionados – matéria, material, corpo, substância –, associados à ideia de ferramentas, símbolo do profundo diálogo teoria-prática no trabalho químico.

- CHASSOT, A. I. Alquimiando a Química. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 1, 1995. p. 20-2. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc01/historia.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

Este artigo procura levantar algumas questões sobre o conhecimento químico. Embora considerada uma parte do passado da Química, a alquimia continua despertando curiosidade e desprezo. Uma leitura para essa antiga ciência apresenta-se cética; outra, baseia-se em uma visão histórica, e uma terceira envereda pelo realismo fantástico.

- ___. *Ciência através dos tempos*. São Paulo: Moderna, 1995.

Este livro é de leitura recomendada para professores de Ciências, principalmente por abordar a evolução do conhecimento científico. Inicia estabelecendo relações entre a evolução do pensamento e da observação científica com a evolu-

ção da própria humanidade, aborda desde as civilizações antigas, como os egípcios, mesopotâmicos, fenícios, hebreus, hindus e chineses, até o nascimento da ciência moderna.

- PINHEIRO, P. C.; GIORDAN, M. O preparo do sabão de cinzas em Minas Gerais, Brasil: do status de etnociência à sua mediação para a sala de aula utilizando um sistema hipermídia etnográfico. *Investigações em Ensino de Ciências.* Porto Alegre: IF-UFRGS, vol. 15, 2010, pp. 335-383.

Esse artigo aborda uma atividade química por excelência – o preparo de sabão de cinzas –, desenvolvida, no entanto, por pessoas comuns sem nenhum conhecimento da química. Ele é importante para a formação dos professores por ressaltar que muito do conhecimento comum das pessoas pode também ser usado nas aulas de Química, fazendo uma importante ponte entre saberes populares e saberes de química.

- VANIN, J. *Alquimistas e químicos: o passado, o presente e o futuro*. São Paulo: Moderna, 2010.

O livro apresenta uma discussão sobre o impacto social da Química do homem primitivo no desenvolvimento da Era Moderna. Aborda as implicações da Química como ciência, suas repercussões tecnológicas e educacionais, utilizando exemplos de aplicação no cotidiano.

Tema 2: Químicos brasileiros

- FILGUEIRAS, C. A. L. A Química no Brasil de hoje. *Química Nova*. São Paulo: SBQ, v. 22, 1999. p. 147-52. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/qn/v22n1/1151.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

O artigo apresenta o desenvolvimento e a rápida expansão da comunidade química no Brasil nos últimos 50 anos. Apresenta problemas que ainda permaneciam sem solução, até o final dos anos 90.

- ___. A Química de José Bonifácio. *Química Nova*. São Paulo: SBQ, v. 9, 1986. p. 263-8. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1986/vol9n4/v09_n4_%20(1).pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

O artigo aborda a trajetória intelectual e as atividades de pesquisa desenvolvidas por José Bonifácio de Andrada e Silva, além de apresentar a produção intelectual de José Bonifácio no campo da Química.

Tema 3: Investigando o processo de fabricação do pão francês

- THIS, H. *Um cientista na cozinha*. São Paulo: Ática, 1999.

Neste livro o autor discute fenômenos que ocorrem nos processos envolvidos no preparo e produção de alimentos, envolvendo complexas reações químicas. Em um dos capítulos se aborda o pão francês.

- VENQUIARUTO, L. D.; DALLAGO, R. M.; VANZETO, J.; DEL PINO, J. C. Saberes populares fazendo-se saberes escolares: Um estudo envolvendo a produção artesanal do pão. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, v. 33, n. 3, ago. 2011. p. 135-141. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc33_3/135-QS0511.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2013.

O artigo relata uma investigação envolvendo os saberes populares sobre o preparo artesanal do pão. O trabalho dos autores resultou na elaboração de atividades experimentais envolvendo os conceitos de cinética química e densidade.

Tema 4: Investigando o processo de fabricação do ferro

- CANTO, E. L. *Minerais, minérios, metais: de onde vêm? Para onde vão?* São Paulo: Moderna, 2010.

Minerais e metais sempre fizeram parte de nossa história – das pinturas rupestres às viagens interplanetárias. São utilizados em larga escala para as mais diversas finalidades: em protetores solares, na fabricação de adornos e utensílios domésticos, em informática e na Medicina, etc. No entanto, a humanidade nem sempre está atenta para a importância e a estreita dependência que possui com os recursos minerais – particularmente nos ambientes urbanos. O livro contribui para que as discussões sobre este assunto estejam mais presentes na escola.

Tema 5: Processos de Produção Mais Limpa (P+L)

- FERNANDES, J. V. G. et al. Introduzindo práticas de Produção Mais Limpa em sistemas de gestão ambiental certificáveis: uma proposta prática. *Engenharia sanitária e ambiental*, v. 6, n. 3, jul./set. 2001 e n. 4, out./dez. 2001. Disponível em: <http://abes-dn.org.br/publicacoes/engenharia/resaonline/v6n34/v6n34a06.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

O artigo apresenta uma metodologia para introduzir práticas de Produção Mais Limpa em Sistemas de Gestão Ambiental (SGAs). Relata um estudo de caso no qual a metodologia foi aplicada.

Tema 6: A Química sustentável ou Química verde

- LENARDÃO, E. J. et al. "*Green Chemistry*": os 12 princípios da Química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. *Química Nova*. São Paulo: SBQ, v. 26, n. 1, jan./fev. 2003. p. 123-9. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/qn/v26n1/14310.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

Este artigo apresenta um resumo dos 12 princípios da Química verde. Descreve como devem ser aplicados em atividades acadêmicas, industriais e de pesquisa.

- MACHADO, A. A. S. C. Química e desenvolvimento sustentável – QV, Quives, Quisus?. BSPQ, v. 95, 2004. p. 59. Disponível em: <www.spq.pt/boletim/docs/boletim SPQ_095_059_09.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

O artigo discute as relações entre a Química e o ambiente ao longo do século XX, que começaram pela geoquímica e levaram à Química verde. O autor discute a preocupação atual de ligar a Química ao desenvolvimento sustentável (ou sustentabilidade) – traduzida pela introdução muito

recente da Química verde e sustentável (Quives) ou Química sustentável (Quisus).

- MACHADO, A. A. S. C . Da gênese ao ensino da Química Verde. *Química Nova*. São Paulo: SBQ, v. 34, n. 33, 2003. p. 535. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v34n3/29.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2013.

- PRADO A. G. S. Química verde: os desafios da Química do novo milênio. *Química Nova*, São Paulo: SBQ, v. 26, 2003. p. 738. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2003/vol26n5/17-DV02190.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

Os 12 princípios da Química verde são apresentados, junto com uma série de exemplos da Química verde em ação, com especial ênfase em métodos catalíticos, destacando-se a catálise por sólidos ácidos e básicos, catálise em sistemas bifásicos, fotocatálise e biocatálise.

- SILVA, F. M.; LACERDA, P. S. B.; JONES JR., J. Desenvolvimento sustentável e Química verde. *Química Nova*. São Paulo: SBQ, v. 28, 2005 p. 103. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2005/vol28n1/18-DV03326.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

O artigo discute a relação entre a Agenda 21 e o papel da Química verde na busca do desenvolvimento sustentável. Apresenta os 12 princípios da Química verde e exemplos de reações e/ou novos procedimentos experimentais desenvolvidos recentemente que se enquadram dentro desta metodologia.

Tema 7: Ciclo de vida de uma embalagem

- CANTO, E. L. *Plástico:* bem supérfluo ou mal necessário? São Paulo: Moderna, 2004.

Este livro tem como proposta colocar o leitor em contato com informações sobre este material densamente presente em nossa cultura, o qual se confunde ora para o bem (às vezes supérfluo), ora para o mal.

- CHEHEBE, J. R. B. *Análise do ciclo de vida de produtos*. São Paulo: Qualitymark, 2000.

O livro aborda a importância do ciclo de cada um dos produtos para as empresas. Contribui para a compreensão dos benefícios de sua utilização como ferramenta estratégica de decisão gerencial.

- DURÃO JÚNIOR, W. A.; WINDMÖLLER C. C. A questão do mercúrio em lâmpadas fluorescentes. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 28, 2008. p. 15-9. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2005/vol28n1/18-DV03326.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

O artigo discute aspectos da relação entre mercúrio, lâmpadas fluorescentes e métodos de descontaminação de seus resíduos.

- MATEUS, A. L.; MOREIRA, M. G. *Construindo com PET:* como ensinar truques novos com garrafas velhas. Belo Horizonte: Fundação Ciência Jovem, 2005.

O livro descreve projetos simples visando o reaproveitamento das garrafas PET. Os projetos possuem instruções detalhadas e com fotografias.

- NASCIMENTO, R. M. M. et al. Embalagem cartonada longa vida: lixo ou luxo? *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 25, maio 2007. p. 3-7. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc25/qs01.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

Neste artigo, são discutidos a constituição das embalagens cartonadas e o seu reaproveitamento visando a um ciclo de vida com menor impacto no ambiente.

- PEREIRA, R. C. C.; MACHADO, A. H.; SILVA, G. G. (Re)conhecendo o PET. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 15, maio 2002. p. 3-5. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc15/v15a01.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

O artigo discute a relação entre a constituição e as propriedades desse material e seu uso crescente.

- SANTOS, C. P. et al. Papel: como se fabrica? *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 14, nov. 2001. p. 3-7. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc14/v14a01.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

Neste artigo são discutidos diversos aspectos relacionados às propriedades, matéria-prima, reagentes químicos e processos mecânicos empregados na produção do papel. Apresenta um pouco da História da fabricação do papel e os aspectos ambientais relacionados à sua produção industrial.

Sugestões de páginas na internet

Tema 1: O que faz um químico?

<www.cfq.org.br>

Na página do Conselho Federal de Química (CFQ) você tem acesso a um histórico com a definição da profissão de químico no Brasil e a toda a legislação pertinente. Você também poderá consultar páginas dos Conselhos Regionais de Química (CRQs) de todo o Brasil. Acesso em: 25 abr. 2012.

Tema 2: Químicos brasileiros

<www.sbq.org.br>

A Sociedade Brasileira de Química (SBQ) reúne os químicos brasileiros ligados à pesquisa. Nesta página você pode encontrar 13 divisões científicas que constituem a SBQ, como: Química medicinal, Química ambiental, físico-química. Para cada divisão há uma página e por meio dela você poderá fazer contato com químicos que atuam na área de seu interesse. Na página da SBQ você também tem acesso às publicações *Química Nova e Química Nova na Escola*. Acesso em: 25 abr. 2012.

<www.abq.org.br>

A Associação Brasileira de Química (ABQ) reúne os químicos brasileiros mais ligados à indústria química e publica a *Revista de Química Industrial*. Em sua página você tem acesso a químicos que atuam em diversas áreas. Acesso em: 25 abr. 2012.

<www.cnpq.br>

Na página do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) você pode encontrar o currículo de pesquisadores brasileiros nas diversas áreas da Química, na Plataforma *Lattes*. Pelo currículo você pode conhecer as publicações dos pesquisadores. Acesso em: 25 abr. 2012.

Nas páginas das universidades brasileiras, também é possível encontrar outras informações sobre o trabalho de químicos brasileiros.

Tema 3: Investigando o processo de fabricação do pão francês

<www.abip.org.br>

Esta página da Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria (Abip) possui várias receitas e alguns artigos de divulgação. Acesso em: 25 abr. 2012.

<www.abitrigo.com.br>

- Na página da Associação Brasileira da Indústria do Trigo (Abitrigo) você encontra informações, direcionadas ao consumidor, sobre a constituição do trigo e de seus derivados. Acesso em: 25 abr. 2012.

Tema 4: Investigando o processo de fabricação do ferro

<www.acobrasil.org.br >

O Instituto Aço Brasil congrega empresas siderúrgicas brasileiras. Nesta página você tem acesso a informações relacionadas à produção do ferro e do aço. Acesso em: 25 abr. 2012.

Tema 5: Processos de Produção Mais Limpa (P+L)

<www.cetesb.sp.gov.br>

Na página da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Governo de São Paulo (Cetesb), clicando em “Publicações”, você tem acesso a guias de P+L para setores produtivos. Os documentos foram elaborados pela Cetesb para setores produtivos específicos — papel e celulose, tintas e vernizes, produtos lácteos, cerâmica branca e de revestimento, cervejas e refrigerante, curtumes, etc. Esses documentos contêm uma descrição dos processos, os principais impactos ambientais potenciais e medidas de P+L aplicáveis a cada um. Acesso em: 25 abr. 2012.

<www.cebds.org.br>

O Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (Cebds) tem como objetivo criar condições no meio empresarial e nos demais segmentos da sociedade para que haja uma relação harmoniosa entre as três dimensões da sustentabilidade: econômica, social e ambiental. Em sua página você tem acesso à revista *Brasil Sustentável*. Acesso em: 25 abr. 2012.

<www.senairs.org.br/cntl>

Página do Centro Nacional de Tecnologias Limpas Senai (CNTL) que está localizado na Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul (Fiergs), junto ao Departamento Regional do Rio Grande do Sul do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai-RS). Nesta página você vai encontrar informações sobre o que é Produção Mais Limpa; qual a vantagem de adotá-la; a P+L como desenvolvimento sustentável; como implementá-la. Acesso em: 25 abr. 2012.

Tema 6: A Química sustentável ou Química verde

<www.ufpel.tche.br/iqg/wwverde>

Página de divulgação da Química verde (*Green Chemistry*, ou Química sustentável) no Brasil. Acesso em: 25 abr. 2012.

<www.usp.br/quimicaverde/home.asp>

Página da Escola de Verão de Química verde do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (USP). O objetivo da Escola de Verão em Química verde é proporcionar aos alunos de graduação uma visão geral da Química verde e sua importância na solução de problemas ambientais. Nesta página você pode encontrar materiais didáticos sobre o tema. Acesso em: 25 ago. 2012.

Tema 7: Ciclo de vida de uma embalagem

<www.abipet.com.br>

Na página da Associação Brasileira da Indústria do PET (Abipet) pode-se obter acesso a um vídeo que mostra todo o ciclo das garrafas PET, desde sua fabricação até a reciclagem e transformação em novos produtos. Contém, ainda, dicas importantes sobre a correta disposição do lixo e como atuar para a diminuição do problema. Acesso em: 25 ago. 2012.

<www.abividro.org.br>

Na página da Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro (Abividro) você pode se cadastrar para ter acesso a materiais sobre o processo de reciclagem do vidro. Acesso em: 25 abr. 2012.

<www.abal.org.br>

Na página da Associação Brasileira do Alumínio (Abal) você pode ter acesso a materiais sobre o processo de reciclagem do alumínio. Acesso em: 25 abr. 2012.

<www.bracelpa.org.br>

Na página da Associação Brasileira de Celulose e Papel (Bracelpa) você pode ter acesso a materiais sobre o processo de reciclagem do papel. Acesso em: 25 abr. 2012.

<www.cempre.org.br>

A página do Compromisso Empresarial para Reciclagem (Cempre), associação sem fins lucrativos, é voltada para a reciclagem e conscientização sobre o lixo. Nela você vai encontrar fichas técnicas sobre 12 tipos de materiais recicláveis: papel de escritório, vidro, pneus, PET, plástico, filme, entre outros.

Cada ficha é composta por itens como: “O mercado para reciclagem”, “Quanto é reciclado”, “História do material”, “Limitações”, “Informações importantes”, “Conhecendo o material”. Você vai encontrar também publicações especializadas em lixo produzidas pelo Cempre. Vai poder consultar o *Cempre Informa*, um jornal eletrônico bimestral sobre o Cempre e notícias relacionadas ao trabalho de reciclagem e gerenciamento de resíduos sólidos, inclusive edições anteriores. No *Ciclosoft* você terá acesso a um banco de dados sobre a coleta seletiva de 16 cidades brasileiras com dados/informações sobre composição do lixo, custos de operação, erros, acertos, etc. Acesso em: 25 abr. 2012.

Sugestões de vídeos

Tema 2: Químicos brasileiros

Nanotecnologia

Vídeo produzido pela SBQ que mostra o trabalho de alguns químicos brasileiros na área de nanotecnologia. Para mais informações, acesse <www.sbq.org.br>. Acesso em: 25 abr. 2012.

Tema 5: Processos de Produção Mais Limpa (P+L)

<http://tvcultura.cmais.com.br/reportereco/producao-mais-limpa-1>

Vídeo apresentando em linhas gerais o que é o processo de Produção Mais Limpa (P+L). Acesso em: 20 ago. 2012.

Tema 7: Ciclo de vida de uma embalagem

A história das coisas

<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/7840>

Documentário feito pela ativista Annie Leonard, cujo título em inglês é *The story of stuff* (“A história das coisas”, em português), baseado em nossos padrões de consumo. Da extração e produção até a venda, consumo e descarte, todos os produtos em nossa vida afetam comunidades em diversos países, a maior parte delas longe de nossos olhos. O documentário revela as conexões entre diversos problemas ambientais e sociais, e é um alerta para a urgência de criarmos um mundo mais sustentável e justo. O vídeo nos ensina muita coisa, nos faz rir, e pode mudar para sempre a forma como vemos os produtos que consumimos. Foi dublado em português, a fim de poder alcançar um maior número de pessoas, como crianças em idade escolar, agricultores, etc. Acesso em: 25 abr. 2012.

<http://www.dominiopublico.gov.br/download/video/me001100.mp4.

Episódio “A vida das embalagens: parte 1”, da série Com ciência, da TV Escola. Aborda a questão do ciclo de vida das embalagens. Acesso em: 10 jan. 2013.

Vídeos produzidos pela SBQ

Mais informações disponíveis em: <www.sbq.org.br>. Acesso em: 25 abr. 2012.

“Papel: origem, aplicações e processos”
“Vidros: evolução, aplicações e reciclagem”
“Vidros: origem, arte e aplicações”
“Polímeros sintéticos”

Vídeos disponíveis na página do Cempre

Disponíveis em: <www.cempre.org.br/videos.php>. Acesso em: 25 abr. 2012.

“Bioconsciência: recursos sólidos”
“Reciclagem de embalagem longa vida via tecnologia de plasma”
“Aço: vídeos de reciclagem”
“Alumínio: vídeos de reciclagem”
“Longa vida: vídeos de reciclagem”
“Papel: vídeos de reciclagem”
“Papelão: vídeos de reciclagem”
“PET: vídeos de reciclagem”
“Plástico rígido: vídeos de reciclagem”
“Pneu: vídeos de reciclagem”
“Vidro: vídeos de reciclagem”

Capítulo 2 — introdução ao estudo das propriedades específicas dos materiais

Professor

Aqui começam as orientações para o Capítulo 2 (p. 22 a p. 65).

Objetivos do capítulo

O objetivo deste capítulo é elaborar conceitos sobre as propriedades dos materiais abordando a relação entre o uso de diferentes materiais e suas propriedades.

Cada propriedade específica – densidade, solubilidade, temperaturas de fusão e de ebulição – será abordada com enfoque no nível dos fenômenos. Em seguida à discussão sobre o modelo de partículas, que será feita no capítulo 5, teremos a oportunidade de retomar as propriedades específicas estudadas aqui.

Sugestão para a organização do trabalho com os alunos

Sugerimos que a abordagem deste capítulo envolva o trabalho em grupos pequenos ou duplas, para que os alunos possam realizar os experimentos e discutir as questões propostas. Cada atividade prática deve ter seu fechamento

em um debate envolvendo toda a turma. Para essa discussão, sugerimos que você solicite a exposição de cada grupo para que surjam respostas diferentes. Outro recurso sugerido é a realização de experimentos de forma demonstrativa, seguida de discussão com toda a turma.

A **Atividade 1** – "Definindo critérios para a seleção de materiais" – tem como objetivo iniciar uma discussão sobre critérios para a escolha de materiais que serão utilizados para um determinado fim como a fabricação de para-choques de automóveis. A ideia aqui é perceber que a escolha de materiais está relacionada às propriedades específicas desses materiais. Propriedades gerais, como ter massa e ocupar espaço, comuns a todos os materiais, não são relevantes para essa escolha. Nesse sentido, o objetivo da atividade é que o aluno reconheça a diferença entre propriedades específicas, que servem para distinguir materiais, e propriedades gerais, que não servem.

O **Texto 1** – "Uso de materiais e suas propriedades" – e o **Texto 2** – "A importância das propriedades específicas dos materiais" – vão fechar a discussão sobre a relação entre as propriedades e os usos dos materiais. Os exercícios de E1 a E3 têm como objetivo promover a discussão de algumas propriedades específicas sem, no entanto, nomeá-las. O objetivo é o mesmo de toda esta parte, ou seja, familiarizar o aluno com a relação propriedades específicas e uso dos materiais. Esta é também uma forma de contextualizar a discussão. Explore com seus alunos os testes propostos pelos alunos e discorra um pouco sobre análise de variáveis, como se pode proceder e a importância de ter referências para comparação.

Este capítulo pode ser dividido em três partes, em que cada propriedade específica é estudada. Pode-se discutir a diferença entre propriedade geral e específica e levar os alunos a reconhecer as propriedades consideradas específicas.

A **primeira parte do capítulo** – "Densidade: propriedade geral ou específica?" – trata de um conceito complexo, com inúmeras aplicações práticas, mas que vem sendo abordado nos livros didáticos apenas como uma relação matemática entre massa e volume. A simples apresentação da fórmula $d = m/V$ não garante o entendimento dessa relação. As relações inversas são de difícil elaboração pelos estudantes, que tendem a associar grandes valores de densidade a grandes valores de massa, independentemente do volume. Procuramos contemplar as dificuldades associadas à construção do conceito de densidade, bem como várias de suas aplicações práticas. Essa propriedade dos materiais possibilita o estabelecimento de relações com vários tópicos de interesse da Química, como plásticos, combustíveis e separação de misturas.

A **Atividade 2** – "Determinando a densidade de materiais" – tem por objetivo trabalhar as relações entre massa e volume de blocos de madeira. Assim, a partir de uma análise do comportamento dos valores para essa relação, busca-se fazer com que os alunos percebam que, uma vez que a agregação de uma substância se relaciona com sua massa presente em um determinado volume, o estado de agregação pode ser expresso por uma relação matemática entre essas duas grandezas. A relação m/V, ao contrário das relações $m \times V$ e $m + V$, apresenta um valor constante. Portanto, é possível escolher a primeira para caracterizar uma substância.

Seria interessante que os alunos desenvolvessem a atividade em grupo. Uma estratégia que pode ser adotada é a de que cada um dos grupos trabalhe com um bloco da mesma madeira, de tamanhos diferentes. O quadro construído no item A6 pode ser reproduzido na lousa para que as medidas realizadas pelos grupos possam ser registradas e compartilhadas por todos.

Se na escola houver uma balança disponível, é importante que os alunos se encarreguem da tarefa de medir a massa dos blocos. Se não houver balança, você pode providenciar a medida da massa de cada bloco com antecedência, anotando esse valor em cada um deles.

Em relação à questão Q1, pode-se constatar que apenas uma das colunas do quadro deste item apresenta valores constantes – é a coluna que apresenta a relação m/V. É interessante discutir com os alunos que, se calcularmos a relação inversa, V/m, também encontraremos um valor constante. Se a densidade, porém, fosse representada pela expressão V/m, ao compararmos o valor da densidade de dois objetos de mesmo volume, o mais pesado teria o menor valor de densidade. Isso vai contra o que acreditamos. Por exemplo, um cubo de ferro teria a densidade igual a 0,13 cm^3/g, enquanto o de chumbo, 0,09 cm^3/g. Se colocamos na mão dois cubos de mesmo volume feitos desses materiais, temos a sensação de que o de chumbo é mais pesado, e o valor da densidade, quando expresso por m/V, corresponde a essa sensação. Quando usamos a ideia de densidade em outros contextos, como no caso da densidade demográfica (número de habitantes/km^2), estamos seguindo a mesma linha de raciocínio.

Em relação à questão Q2, é importante que o aluno perceba que os cubos de madeira têm valores variados para massa e volume, ao passo que a relação entre a massa e o volume que corresponde à densidade (m/V) é constante para todos os cubos feitos da mesma madeira. Nesse sentido, massa e volume são **propriedades gerais**, pois não permitem identificar um determinado material; já com a densidade, uma **propriedade específica**, isso é possível.

Em relação às questões Q3 a Q5, referentes ao quadro 2.1, o objetivo é fazer o aluno trabalhar com dados de massa e volume para obter a densidade e discutir a questão de obtenção da média de várias medidas. É importante ressaltar que os valores de densidade, conseguidos a partir dos valores de massa e volume para as amostras números 4 e 7, são bastante diferentes dos outros valores. Cabe a você esclarecer que uma medida é sempre aproximada, pois depende da

precisão do aparelho. Além disso, quando percebemos que certas medidas estão muito distantes da média, isso é uma indicação de que podemos desprezá-las.

A **Atividade 3** – "Densidade e flutuação dos objetos" – tem como objetivo revelar as ideias que os alunos têm sobre flutuação dos objetos. A primeira etapa da atividade envolve o preenchimento de um quadro no qual estão relacionados objetos que os alunos deverão classificar em dois grupos: aqueles que, quando colocados em um recipiente contendo água, vão **flutuar** e aqueles que, na mesma situação, vão **afundar**. Os alunos deverão **justificar** a classificação dada para cada objeto, preenchendo o quadro que eles construíram no caderno. Chame a atenção de seus alunos para que deixem a coluna "Teste" em branco. Ela será preenchida posteriormente. Nessa etapa, o que importa é que os alunos elaborem suas hipóteses sobre a flutuação dos objetos. Estimule-os a usarem a imaginação! A atividade poderá ser desenvolvida de forma demonstrativa ou em grupos de alunos. A escolha vai depender da disponibilidade de materiais. Sugerimos que você utilize:

- agulha,` bloco ou blocos de madeira (é interessante utilizar um bloco que flutue e outro que afunde), clipes de metal e de plástico, folha de papel-alumínio (em pedaços), lâmina de barbear, papel-alumínio amassado na forma de bolinha (amasse bem de forma que não fique ar dentro), um pedaço de ferro, um pedaço de cano de PVC, tampinhas de garrafa de alumínio e de plástico.

Como os objetos necessários para a execução desta atividade são simples, é possível solicitar aos alunos que tragam um exemplar de cada um. Se for o caso, você poderá optar por centralizar a demonstração, conduzindo as previsões feitas pelos alunos e deixando tempo para que anotem suas observações.

Para a execução dos exercícios que acompanham a atividade, é fundamental que os alunos trabalhem em grupos. A discussão com os colegas possibilita que a compreensão e as dúvidas sejam compartilhadas. Na discussão em grupo, muitas vezes, ideias diferentes são colocadas e o grupo é solicitado a argumentar posicionando-se contra ou a favor e decidindo qual é a ideia mais adequada. É fundamental que você participe da atividade passando pelos grupos e oferecendo-lhes auxílio. É igualmente importante auxiliá-los a encontrarem o **caminho** e não **somente a** "**resposta certa**". Isso não quer dizer que qualquer resposta seja aceitável, mas que a sua participação é fundamental na orientação do processo de busca das soluções adequadas aos problemas propostos. Por isso é tão importante que a atividade seja realizada em sala de aula e não em casa. Ao final da atividade, é essencial promover uma discussão com todos os grupos, para que compartilhem as várias possibilidades de resolução dos problemas.

No livro do aluno está sugerida uma simulação envolvendo densidade. Você pode sugerir a eles que façam a simulação em casa, ou pode projetá-la e explorar com os alunos em sala de aula.

O **Texto 3** – "Por que os objetos flutuam ou afundam na água?" – é um texto de fechamento. Nele, explicitamos as discussões relacionadas à flutuação que aparecem nas atividades anteriores. Para trabalhar com esse texto, sugerimos uma leitura conjunta, em sala de aula, com pausas para explicações adicionais. Trata-se de um texto denso e que necessita de sua mediação para ser bem compreendido. Ele foi dividido em três partes, com exercícios e questões a serem resolvidos. Você poderá encaminhar a leitura fazendo as pausas necessárias para as discussões.

O **Texto 4** – "A densidade das misturas" – discute o conceito de densidade em função da composição das misturas. Seria interessante se você pudesse preparar diferentes misturas de água e etanol para medir a densidade de cada uma em sala de aula.

O **Texto 5** – "A densidade de líquidos e o controle de qualidade de alguns produtos" – trata da densidade de líquidos como o leite e a gasolina, cuja medida não se dá por determinação de massa e volume, mas pelo uso de densímetros. Esses densímetros permitem verificar se misturas como leite e gasolina foram adulteradas.

Tenha cuidado!

A **Atividade 4** – "Determinação do teor de álcool na gasolina" – foi proposta com o objetivo de aprofundar a discussão sobre a densidade de misturas utilizando o eixo contextual. Para isso, os alunos irão determinar a quantidade de álcool presente na gasolina. A atividade pode ser desenvolvida em grupos de alunos ou demonstrativamente por você. É importante cuidar da ventilação do ambiente, caso o experimento seja feito na sala, pois os vapores de gasolina são tóxicos e inflamáveis. O mais recomendado, no entanto, é fazer as medidas ao ar livre.

A **segunda parte do capítulo** tem início com o **Texto 6** – "Temperaturas de fusão e ebulição: propriedades específicas?". Este texto discute sistematicamente o comportamento de materiais diante do aquecimento e resfriamento para estabelecer relações entre a temperatura e as mudanças de estado físico.

A **Atividade 5** – "Investigando a água sob aquecimento" – e a **Atividade 6** – "Investigando o comportamento da água e uma mistura de água e sal sob resfriamento" vão trabalhar com a construção de gráficos. A construção desses gráficos é fundamental para o estabelecimento de relações entre o fenômeno que se observa e uma determinada forma de registro, nesse caso o registro em forma de gráfico. A maioria dos professores de Química sente a dificuldade que os alunos apresentam para compreender as informações contidas num gráfico. Discuta com sua turma como elaborar um gráfico, destacando a necessidade de se estabelecer uma escala adequada. Muitos alunos gostam de usar um programa de computador para

construí-lo. Consideramos este um excelente instrumento, mas que deve ser utilizado em conjunto com o gráfico feito à mão, pois este permite a apropriação do processo de construção, de suma importância. Estimule seus alunos a utilizarem as duas formas, portanto.

Nas atividades 5 e 6 incluímos questões preliminares, Q24 e Q25 e Q34 a Q38, cujo objetivo é explicitar o que os alunos pensam sobre o assunto. Para isso, eles podem responder usando diversos pontos de vista e não apenas o científico. É importante que eles façam o registro dessas ideias para que possam tomar consciência do que pensam sobre o assunto. Esta é uma estratégia metodológica que tem relação com a ideia de perfil conceitual que explicitamos no texto introdutório deste manual.

É muito importante também que os alunos realizem os experimentos em pequenos grupos. São experimentos simples que podem ser feitos em qualquer escola. Você pode optar por sistemas de aquecimento diferentes para o experimento da temperatura de ebulição. Faça os aquecimentos utilizando um ebulidor, uma lamparina, um fogão. Compare os resultados e discuta as possíveis discrepâncias. No caso da temperatura de solidificação, é muito interessante que você peça a um grupo para realizar o experimento fazendo apenas um banho de gelo, sem adicionar sal. Compare o que ocorre nos dois casos. Você pode comentar com eles as propriedades coligativas, sem entrar em detalhes.

Nas questões da Atividade 6 você vai encontrar muitas vezes um pedido de explicação para fatos observados. Note que nem todos esses fatos foram estudados e os alunos podem expressar opiniões cotidianas e ter dificuldade de chegar à explicação científica. Isso faz parte do processo de elaboração de conceitos que estamos propondo. É uma oportunidade de o aluno tentar explicar algo que ainda não estudou em profundidade. Por meio desse processo suas explicações vão se tornando cada vez mais elaboradas. Temos a expectativa de que essas questões sejam corrigidas em sala de aula e de que você aproveite o momento para acrescentar mais elementos às respostas. É importante que você peça a eles que **leiam** a resposta que escreveram. Assim você poderá contribuir para melhorar a forma de escrever dos seus alunos, dando tempo para que eles reelaborem seus textos.

Para abordar a **terceira parte do capítulo** – "Solubilidade: propriedade específica?" –, consideramos que a ideia de solubilidade faz parte da vivência de nossos alunos e por isso a atividade foi elaborada sem envolver uma experiência.

Iniciamos nossa abordagem dessa propriedade a partir do **Texto 7** – "A Terra tem solução?", cujo título é um jogo de palavras, pois estaremos enfocando o tema "soluções". A partir da leitura do texto, os alunos devem elaborar o conceito de solução e discutir aspectos relacionados a ela: solvente, soluto, tipos de substâncias envolvidas. Na questão Q60, vamos pedir aos alunos que localizem na tabela periódica os elementos que aparecem no texto. Você pode estranhar, já que ainda não estudamos o assunto. Como já comentamos, isso faz parte de nossa estratégia em relação à tabela periódica. Para aprender a trabalhar com ela, os alunos precisam manipulá-la, conhecê-la, entender sua lógica. A tabela disponível no livro deve ser sempre consultada e os alunos devem começar a ter contato com ela o mais cedo possível. É claro que inicialmente esse contato será mais operacional, mas aos poucos os alunos vão ampliando e aprofundando seus conhecimentos e adquirindo mais naturalidade para consultá-la.

Na **Atividade 7** – "Solubilidade" – e no **Texto 8** – "Fatores que afetam a solubilidade", optamos por trabalhar o conceito de solubilidade com base na leitura de informações de um gráfico. Se achar necessário, você pode propor uma pequena experiência, que descrevemos a seguir.

Sugestões de atividades adicionais

Para a primeira parte do capítulo, sugerimos a construção de um densímetro, por ser um recurso importante para a abordagem do conceito de densidade. Caso sua escola tenha um, você pode utilizá-lo. Se não, pode construir um ou propor que um grupo de alunos o faça, seguindo os passos indicados a seguir.

Construindo um densímetro[1]

Material

Areia; um canudo de refresco de 5 mm de diâmetro, material vedante (massa de vidraceiro, massa plástica, goma de mascar, parafina, etc.), um recipiente com água; caneta para transparência, esmalte sintético ou tinta a óleo; álcool comercial; sal de cozinha.

O que fazer

Pode-se medir a densidade dos líquidos colocando neles um objeto para flutuar. O nível de flutuação do objeto depende da densidade do líquido no qual é colocado. Comparando-se os níveis de flutuação em vários líquidos, é possível estimar suas densidades.

A1. Comece arranjando um canudo de refresco; use, de preferência, um canudo com 5 mm de diâmetro.

A2. Corte o canudo no comprimento de 15 cm.

A3. Feche uma das pontas do canudo com um material vedante (massa de vidraceiro, massa plástica, goma de mascar, parafina, etc.).

A4. Coloque no fundo do canudo um pouco de areia; experimente colocar o canudo em pé na água. A quantidade de areia deve ser adequada para que o canudo se mantenha em pé e flutue na água. Caso isso não ocorra, altere a quantidade de areia.

1 O procedimento foi elaborado pelo professor Carlos Alberto Mattoso Ciscato e publicado na *Revista de Ensino de Ciências*, n. 21, set. 1988.

A5. Faça uma marca, no canudo, correspondente ao nível de flutuação do densímetro na água (use caneta para transparência, esmalte sintético ou tinta a óleo). Dê a esse nível o valor de densidade igual a 1 (densidade da água = 1 g/cm^3).

A6. Coloque o densímetro em álcool comercial e marque o nível de flutuação, que corresponde à densidade 0,8 (ou seja, 0,8 g/cm^3).

A7. Prepare uma solução saturada de sal de cozinha em água; para isso, jogue sal na água até que ela não consiga mais dissolvê-lo. A solução obtida tem densidade próxima a 1,2 g/cm^3. Faça no canudo a marca correspondente a essa densidade.

Para a terceira parte do capítulo, que trata da solubilidade, apresentamos um procedimento resumido de uma atividade que você pode desenvolver com seus alunos, se perceber a necessidade de um estudo um pouco mais detalhado e apoiado no fenômeno.

Estudo da dissolução de substâncias

Material

Açúcar, aguarrás, álcool, gelo, sal de cozinha, sulfato de cobre, três bastões de vidro, três béqueres de 50 mL, três provetas de 20 mL, uma colher de chá, balança, lamparina.

Como fazer

Você vai inicialmente discutir com seus alunos que a solubilidade depende das substâncias envolvidas. Coloque em cada um dos três béqueres 15 mL de água. Acrescente nos béqueres 5 g de açúcar, sal de cozinha e sulfato de cobre, respectivamente medidos na balança. Agite o conteúdo de cada um dos béqueres **simultaneamente** durante um minuto. Observe o que ocorreu e discuta com os alunos o que foi observado.

Cuidado ao manipular sistemas de aquecimento e água quente, há o risco de queimaduras.

Repita o procedimento utilizando aguarrás.

A seguir, você poderá discutir a influência da temperatura na solubilidade. Coloque quantidades iguais de açúcar em dois béqueres. Adicione **simultaneamente** 10 mL de água gelada e 10 mL de água quente.

Sugestão de avaliação em grupo

Gostaríamos de sugerir que, ao trabalhar com este capítulo, você proponha para os alunos uma atividade que pode ser utilizada como avaliação. Você vai selecionar algumas experiências simples que envolvam as propriedades estudadas, separar o material e disponibilizar uma experiência para cada grupo de alunos, com uma explicação sobre o que deve ser feito. Você pode usar como referência para propor essas experiências algumas das apresentadas no livro *Química na cabeça*, cuja referência completa é fornecida nas "Sugestões de Leitura para Formação do Professor", a seguir.

Cada grupo deverá executar o experimento, escrever em uma folha uma descrição do que foi observado e explicar o que observou utilizando as propriedades dos materiais. Ao final da atividade, cada grupo deverá apresentar para os outros a experiência e a explicação. Essa atividade tem um resultado excelente em sala de aula!

Resolução de atividades, exercícios e questões

Atividades

A1. a) Ferro, gesso, ouro, papelão, plástico duro (polipropileno) e vidro comum.

b) Ferro: pode ser moldado, é resistente a choques mecânicos, durável (se protegido da corrosão), impermeável.

Plástico: pode ser moldado, é resistente a choques mecânicos, durável, impermeável, leve.

c) Materiais que possuem massa: **todos**.

Materiais que ocupam espaço: **todos**.

Comentário: É muito comum que alguns alunos sugiram que os materiais gasosos não possuem massa.

A2. Não, pois todos os materiais citados possuem massa e ocupam espaço.

A3. Resposta pessoal. **Comentário**: Nesse momento é comum que os alunos sugiram propriedades como estado físico, cor, cheiro, textura, tenacidade, maleabilidade, dureza, ductibilidade, flexibilidade, brilho, impermeabilidade, condutividade térmica, condutividade elétrica, etc. No geral, eles se referem a essas propriedades sem usar a linguagem cientificamente correta. Nesse caso, cabe a você apresentar as novas expressões. Não pretendemos que o aluno cite, necessariamente, as propriedades que serão discutidas na sequência (densidade, solubilidade, temperaturas de fusão e ebulição). O importante é que, no momento apropriado, elas sejam apresentadas como exemplos de propriedades específicas que podem ser medidas e que são úteis para o conhecimento químico.

Comentário para a Atividade 2: Para desenvolver esta atividade, sugerimos que você divida a turma em grupos de quatro ou cinco alunos e entregue a cada grupo um bloco de madeira. Os blocos devem ser de uma mesma madeira e de tamanhos diferentes. A comparação dos diferentes blocos ajudará os alunos a perceberem que, apesar de os blocos serem de tamanhos diferentes, apresentam uma mesma densidade, já que são constituídos pela mesma madeira. Por isso, esta é uma propriedade específica dos materiais.

A4.

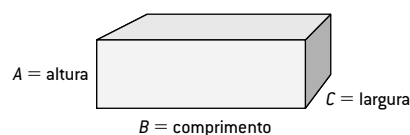



Figura MP.3 Atividade A4.

A5. Volume, $V = A \times B \times C$. A medida é normalmente feita com uma régua, cuja unidade é o centímetro (cm). Portanto, o volume será em cm^3. **Comentário**: Peça aos alunos que mantenham, nas medidas, uma casa decimal.

Comentário para as atividades A6 e A7: Os dados apresentados nos quadros em A6 e A7 são apenas exemplos. Os alunos deverão utilizar os valores referentes aos blocos de madeira oferecidos por você.

A6.

Amostra (n.º)	Massa (em g)	Volume (em cm³)
1	24,7	41,2
2	56,1	94,9
3	28,3	48,3
4	65,0	107,3

Quadro MP.1 Atividade A6.

A7.

Amostra (n.º)	(m + V)	(m × V)	(m/V)
1	65,9	1 017,6	0,60
2	151,0	5 323,9	0,59
3	76,6	1 366,9	0,59
4	172,3	6 974,5	0,61

Quadro MP.2 Atividade A7.

Comentário para a atividade 3: Os alunos deverão classificar previamente os objetos considerando os dois grupos: um grupo dos objetos que vão flutuar e outro dos que vão afundar. Em seguida, eles deverão preencher a última coluna justificando a classificação sugerida.

O quadro apresentado a seguir relaciona os objetos sugeridos no texto com a classificação prevista e as justificativas correspondentes. Observe que os alunos poderão apresentar classificações e justificativas diferentes das esperadas de acordo com o modelo científico. Espera-se que você possibilite uma discussão que contraponha os resultados esperados pelos alunos com os resultados obtidos experimentalmente ajudando-os assim a compreender as explicações científicas para os fenômenos. Construção do quadro sugerido pelos autores na atividade:

Objeto	Classificação	Teste	Justificativa
bloco de madeira (grande)	flutuar		É menos denso que a água.
bloco de madeira (pequeno)	flutuar		É menos denso que a água.
clipe(de metal)	afundar		É mais denso que a água.
prego (de ferro)	afundar		É mais denso que a água.
tampinha de garrafa	flutuar		Apesar de ser feita de material mais denso que a água, seu formato permite o preenchimento com ar, o que a torna um objeto menos denso que a água.
papel-alumínio (lâmina)	flutuar		Apesar de ser feita de material mais denso que a água, seu formato permite uma grande superfície de contato, de forma que a pressão exercida seja pequena e não consiga vencer a tensão superficial da água.
papel-alumínio (bolinha)	flutuar		Apesar de ser feita de material mais denso que a água, seu formato permite o preenchimento com ar, o que a torna um objeto menos denso que a água.
lâmina de barbear	1. flutuar (se colocada deitada) 2. afundar (se colocada com a face cortante)		1. Apesar de ser feita de material mais denso que a água, seu formato permite uma grande superfície de contato, de forma que a pressão exercida seja pequena e não consiga vencer a tensão superficial da água. 2. Com pequena superfície de contato, a lâmina vence a tensão superficial da água e, como é feita de material mais denso, afunda.
pedaço de cano (de ferro)	afundar		É mais denso que a água.

Quadro MP.3 Atividade A7.

A8. Respostas de alunos que geralmente ocorrem no preenchimento do quadro e que não confirmam a experiência ou que não correspondem a explicações adequadas ao fenômeno, apesar da previsão correta:

- Bloco de madeira (grande): afunda porque é pesado;
- bloco de madeira (pequeno): flutua porque é leve;
- clipe (de metal): flutua porque é leve;
- prego (de ferro): afunda, porque ferro é um metal pesado;
- tampinha de garrafa: flutua se ficar de boca para cima; flutua se não deixar entrar água;
- papel-alumínio (lâmina): flutua porque é leve; flutua como folha na piscina ou em lagos;
- papel-alumínio (bolinha): afunda se for jogado com força;
- lâmina de barbear: afunda se for jogada; se colocar com cuidado, pode flutuar;
- pedaço de cano de ferro: afunda porque é pesado.

A9. Resposta pessoal.

A10. **Justificativa geral apresentada pelo professor**: Os objetos que afundam são feitos de material mais denso que o meio no qual são colocados. Objetos que flutuam são feitos de material menos denso que o meio onde são colocados.

A11. Lâmina de barbear e lâmina de papel-alumínio:

- Quando flutuam: apesar de serem feitas de materiais mais densos que a água, seu formato permite uma grande superfície de contato, quando colocadas deitadas, de modo que a pressão exercida sobre a superfície da água é pequena e não consegue vencer a tensão superficial da água.
- Quando afundam: se colocadas com a face "cortante", com pequena superfície de contato, as lâminas vencem a tensão superficial da água e, como são feitas de material mais denso que a água, afundam.

Tampinha de metal e bolinha de papel-alumínio: apesar de serem objetos feitos de materiais mais densos que a água, seu formato permite o preenchimento com ar, o que os torna objetos menos densos que a água.

A12. De modo geral, os objetos mais densos que a água afundam nela e os menos densos flutuam, independentemente de seu formato. No entanto, em casos em que o formato do objeto permite que uma quantidade de ar fique armazenada nele, o objeto pode flutuar mesmo sendo constituído por um material mais denso que a água. Isso ocorre porque a densidade do objeto todo (material + o ar armazenado) é menor que a densidade da água.

A13. Observa-se a formação de duas fases.

A14. Esses volumes vão variar de acordo com a porcentagem de álcool na gasolina utilizada para a atividade. Considerando, por exemplo, uma gasolina com 23% de álcool, teremos uma fase aquosa de 61,5 mL e uma fase gasolina com 38,5 mL.

Comentário: Alertar os alunos sobre o cuidado de não deixar o bastão escorregar, pois isso pode provocar a quebra do fundo da proveta.

A18. Os valores de tempo e temperatura apresentados neste quadro são apenas um exemplo. Os alunos deverão preencher essas colunas com os dados que obtiverem experimentalmente como sugerido em A17.

Número da medida	Tempo (em min)	Temperatura (em °C)
1	0	23
2	2	31
3	4	41
4	6	52
5	8	62
6	10	72
7	12	78
8	14	87
9	16	93
10	18	96
11	20	97
12	22	98
13	24	98
14	26	98
15	28	98
16	30	98
17	32	98
18	34	98
19	36	98

Quadro MP.4 Atividade A18.

Observações: Entre os tempos 6 e 8 minutos e, portanto, entre 52 °C e 62 °C, começaram a sair pequenas bolhas de ar. Até 22 minutos, a água estava em aquecimento; a partir de 22 minutos, entrou em ebulição.

A20.

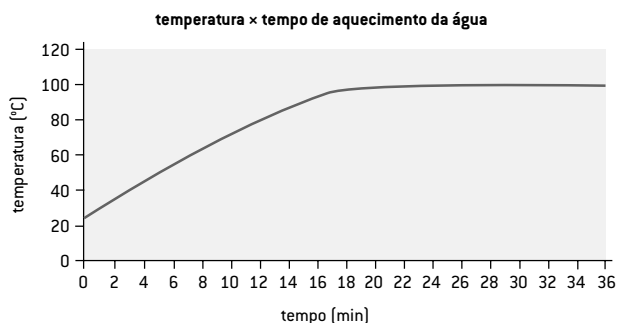



Figura MP.4 Gráfico do aquecimento da água até a ebulição.

A22. Os valores de temperaturas apresentados nos quadros a seguir são apenas exemplos. Os alunos deverão preencher as colunas com os dados que obtiverem experimentalmente, como sugerido em A25.

Número da medida	Tempo (em min)	Temperatura (em °C)
1	0	23
2	0,5	15
3	1	5
4	1,5	1
5	2	0
6	2,5	0
7	3	0
8	3,5	0
9	4	0
10	4,5	0
11	5	0
12	5,5	0
13	6	0
14	6,5	0
15	7	0
16	7,5	0
17	8	0
18	8,5	−1
19	9	−2
20	9,5	−3
21	10	−4
22	10,5	−5
23	11	−6

Quadro MP.5 Temperatura da água (°C) × tempo de resfriamento (min).

Observações: De 0 a 5 minutos, ocorreu resfriamento do líquido; de 5 a 8 minutos, a água estava mudando de fase (solidificação); de 8 a 11 minutos, ocorreu o resfriamento do sólido.

Tempo (em min)	Temperatura (em °C)
0	23
0,5	16
1	7
1,5	3
2	1
2,5	−1
3	−2
3,5	−3
4	−4
4,5	−5
5	−6

Quadro MP.6 Temperatura da água com sal (°C) × tempo de resfriamento (min).

Comentário: De 0 a 4 minutos, houve resfriamento do líquido (a mistura), que começou a solidificar no tempo de 4 minutos.

Construção das curvas de resfriamento da água pura e da água com sal:

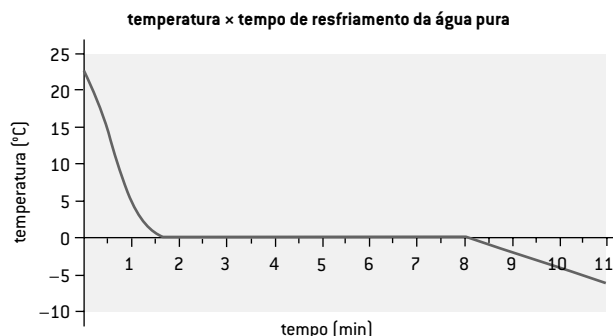



Figura MP.5 Gráfico de resfriamento da água pura.

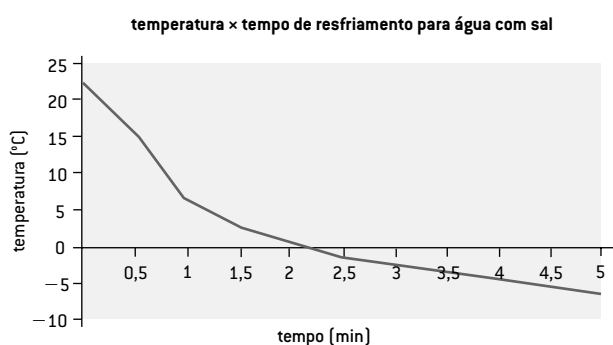



Figura MP.6 Gráfico de resfriamento da água com sal.

A26.

Material	Solubilidade na temperatura indicada (em g/100 g de água)			
	20 °C	40 °C	60 °C	80 °C
NaCl (cloreto de sódio)	36	37	38	39
$Pb(NO_3)_2$ (nitrato de chumbo)	55	74	90	108
KNO_3 (nitrato de potássio)	32	63	104	163
Cs_2SO_4 (sulfato de césio)	177	190	202	—

Quadro MP.7 Variação da solubilidade de alguns materiais em função da temperatura.

A27. a) KNO_3 (nitrato de potássio).

b) Aproximadamente 51 °C.

c) Aproximadamente 23 °C.

d) O mais solúvel é o Cs_2SO_4 (sulfato de césio), e o menos solúvel, o KNO_3 (nitrato de potássio).

e) O mais solúvel é o Cs_2SO_4 (sulfato de césio), e o menos solúvel, o NaCl (cloreto de sódio).

f) A 80 °C dissolvem-se aproximadamente 108 g de nitrato de chumbo em 100 g de água. A 20 °C, apenas 55 g de nitrato de chumbo, aproximadamente, permanecem dissolvidos. Portanto, a diferença – (108 – 55), g = 53 g de nitrato de chumbo – ficará insolúvel e decantará no fundo do béquer.

A28. Sim, a solubilidade é uma propriedade específica das substâncias, pois cada substância, a um dado valor de temperatura, tem seu respectivo valor de solubilidade. Além disso, o comportamento da solubilidade das substâncias em função da temperatura também é próprio de cada material.

Exercícios

E1. Ferro, alumínio, cobre, barro, vidro, pedra. Para fabricar panelas, os materiais devem ser resistentes ao aquecimento (alta temperatura de fusão), impermeáveis, moldáveis, ou seja, devem ser capazes de tomar a forma de uma panela.

E2. a) Vantagens: As panelas de alumínio e de cobre gastam pouca energia para ser aquecidas. Desvantagens: As panelas de vidro gastam um pouco mais de energia que as panelas de alumínio e cobre. As panelas de ferro, barro e pedra gastam muita energia para ser aquecidas.

b) Vantagens: As panelas de vidro conservam os alimentos quentes por mais tempo que as panelas de alumínio e cobre. As panelas de ferro, barro e pedra demoram a esfriar, conservando os alimentos quentes por muito mais tempo. Desvantagens: As panelas de alumínio e de cobre esfriam rapidamente, não conseguindo manter os alimentos aquecidos.

E3. a) Sólido, impermeável, facilmente moldável em tamanhos e formatos diferentes.

b) Dúctil, ou seja, é facilmente reduzido a fios e bom condutor de corrente elétrica.

c) Resistência à oxidação, tenacidade, e podem ser moldados em diversos tamanhos e formatos.

d) Pode ser moldada em diversos tamanhos e formatos, é macia o suficiente para amortecer irregularidades do piso, durável, não precisa ser maciça, o que economiza matéria-prima.

E4. a) 1. Teste de tração em dinamômetro. **Comentário**: O dinamômetro registrará o valor máximo suportado por um cabo de aço sob tração. A medida é dada em unidade de força (kgf ou N).

2. Fixar o cabo e colocar pesos conhecidos, aumentando os valores até que o cabo se rompa. O último valor suportado antes do rompimento seria o limite de resistência do cabo.

Comentário: O importante nesse teste é propiciar uma medida que possa diferenciar um cabo de outro.

b) Para um tecido estampado, cortar um pedaço e dividi-lo em duas amostras: uma fica como padrão; a outra é sucessivamente lavada; após cada lavagem, comparar com o padrão. Quando mostrar alteração, anotar o número de lavagens até que se observe a alteração. Fazer o mesmo para outro tecido. O que desbotar com menos lavagens será o menos resistente às lavagens. **Comentário**: O importante nesse teste é ressaltar a necessidade da amostra de controle e de manter as mesmas condições de lavagem, sabão, tempo, etc., para os tecidos que estão sendo comparados – controle de variáveis nos experimentos.

E5. a) O balão A contém hidrogênio, pois esse gás é menos denso que o ar e, portanto, o balão que o contém flutua. Os balões B e C contêm ou nitrogênio ou oxigênio, pois esses gases são mais densos que o ar e, portanto, esses balões repousam no piso da sala.

b) Nesse caso, todos os balões flutuam, pois os gases hidrogênio, nitrogênio e oxigênio são menos densos que o gás carbônico. **Comentário**: Uma variação do exercício seria pedir aos alunos que dessem uma sugestão de como diferenciar, pela densidade, os gases contidos em B e C. Eles poderiam sugerir, por exemplo, colocá-los numa sala cheia de um gás que tivesse a densidade intermediária entre as densidades do nitrogênio e do oxigênio. Desse modo, o balão com nitrogênio flutuaria e o outro, com oxigênio, repousaria no piso da sala.

E6. a) No tubo de ensaio: 1 mL de CCl_4 por baixo e 10 mL de água por cima.

b) No tubo de ensaio: 10 mL de CCl_4 por baixo e 1 mL de água por cima.

Independentemente da quantidade, a água sempre flutua em tetracloreto de carbono, pois a água é o material menos denso.

E7.

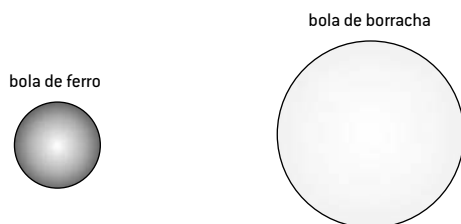



Figura MP.7 Exercício E7.

O ferro é mais denso que a borracha, logo a bola de ferro apresentará um volume menor que a bola de borracha. A densidade é inversamente proporcional ao volume quando comparamos materiais diferentes que apresentem a mesma massa.

E8. O bloco A é o mais denso (possui maior densidade), pois para a mesma massa é o que apresenta o menor volume. A densidade é inversamente proporcional ao volume quando comparamos materiais diferentes que apresentem a mesma massa.

E9. **Comentário**: Uma dica é modificar as unidades da densidade para facilitar os cálculos. Isso é feito multiplicando-se numerador e denominador por 1 000, ou seja, 8,0 g/cm^3 = = 8,0 kg/dm^3 = 8,0 t/m^3.

a) Para o navio flutuar, sua densidade deve ser menor que a da água. Como o navio, ao flutuar, estará cheio de ar, ele deve ser considerado como um objeto feito de dois materiais, ferro e ar. Deve-se considerar também que:
$d_{navio} < 1$; $m_{ar} = 0$ (desprezível); $m_{ferro} = 320$ t;

$$V_{ferro} = \frac{m_{ferro}}{d_{ferro}} = \frac{320 \text{ ton}}{8 \text{ ton/m}^3} = 40 \text{ m}^3$$

V_{ar} será calculado.

A densidade do navio inclui a massa e o volume do ferro e do ar, ou seja,

$$d_{navio} = \frac{m_{ar} + m_{ferro}}{V_{ar} + V_{ferro}} = \frac{0 + 320}{V_{ar} + 40} < 1 \Leftrightarrow 320 < V_{ar} + 40 \Leftrightarrow$$
$$\Leftrightarrow 320 - 40 < V_{ar} \Leftrightarrow V_{ar} > 280 \text{ m}^3$$

O volume do ar (V_{ar}) é de, no mínimo, 280 m^3.

b) 1,20 g/L é equivalente a 1,20 kg/m^3.

$$d = \frac{m}{V} \Rightarrow 1{,}20 \frac{kg}{m^3} = \frac{m}{280 \text{ m}^3} \Rightarrow m = 1{,}20 \frac{kg}{m^3} \times 280 \text{ m}^3 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow m = 336 \text{ kg}.$$

Comentário: Fale com o aluno sobre esse valor, que é 0,105% do valor da massa do ferro. Portanto, foi uma aproximação válida considerar a massa do ar como desprezível diante da massa do ferro.

E10. **Comentário**: Neste problema, deve-se tomar o cuidado de não considerar a densidade da liga como a média ponderada das densidades dos dois metais. Essa aproximação só é válida se as densidades dos materiais que constituem a mistura forem muito próximas. Só assim o erro seria desprezível.

Calcule o volume esperado da pulseira, utilizando a densidade dos metais para calcular o volume. Considere $V_{pulseira} = V_{ouro} + V_{cobre}$ e $m_{ouro} = 40$ g. Temos, então, que: $\Rightarrow m_{cobre} = 10$ g

$$\begin{cases} 40 \text{ g} \Leftrightarrow 80\% \\ m_{cobre} \Leftrightarrow 20\% \end{cases} \Leftrightarrow m_{cobre} = 10 \text{ g}$$

Calculamos, assim, o volume do ouro e do cobre:

$$V_{ouro} = \frac{m_{ouro}}{d_{ouro}} = \frac{40 \text{ g}}{20 \text{ g/cm}^3} = 2 \text{ cm}^3$$
$$V_{cobre} = \frac{m_{cobre}}{d_{cobre}} = \frac{10 \text{ g}}{10 \text{ g/cm}^3} = 1 \text{ cm}^3$$
$$V_{esperado} = 2 + 1 = 3 \text{ cm}^3$$

Conclusão: Se o ourives tivesse agido corretamente, o volume esperado seria igual ao volume real. No entanto, o volume real (3,5 cm^3) é maior que o volume esperado (3 cm^3). Essa diferença ocorreu porque quanto mais cobre houver na pulseira, menos densa ela será, já que a densidade do cobre é menor que a do ouro. Sendo assim, o ourives foi desonesto, pois substituiu parte do ouro por cobre, o que aumentou o volume da pulseira mantendo sua massa (40 g).

E11. a) $V_1 > V_2$, pois para objetos de mesma massa (m_1) o que flutua apresenta maior volume.

b) $m_2 < m_3$, pois para objetos de mesmo volume (V_3) o que flutua apresenta menor massa.

E12. a) A mistura 2 é constituída por etanol e água, pois, nessa mistura, a bolinha escura passou a flutuar, o que significa que a mistura ficou mais densa que a bolinha. Somente essa mistura poderia ter uma densidade maior do que a da bolinha, pois a densidade da mistura deverá ser intermediária à densidade do álcool e da água.

b) A mistura 3 é constituída por etanol e gasolina, pois, nessa mistura, a bolinha clara afundou, o que significa que a mistura ficou menos densa que a bolinha. Somente essa mistura poderia ter uma densidade menor do que a da bolinha, pois a densidade da mistura deverá ser intermediária à densidade do álcool e da gasolina.

c) Entre 0,8 e 1,0, pois ela afunda no etanol, que tem densidade igual a 0,8 e flutua na mistura 2, que tem densidade menor que 1,0.

d) Entre 0,7 e 0,8, pois ela flutuou no etanol, que tem densidade 0,8, e afundou na mistura 3, que tem densidade entre 0,7 e 0,8.

E13.

Figura MP.8 Exercício E13.

6

manual do professor

Comentário: A liquefação se dá quando a substância está, normalmente, no estado gasoso à temperatura ambiente (por exemplo, gás de cozinha); a condensação se dá quando a substância está, normalmente, no estado líquido à temperatura ambiente (por exemplo, água).

E14. O frasco II contém benzeno, pois o benzeno sólido é mais denso que o líquido, por isso afunda.

E15. a) Heterogêneo, pois o hidróxido de cálcio é insolúvel em álcool.

b) Filtração, pois o filtro retém o sólido insolúvel.

c) Determinando a temperatura de ebulição do álcool. **Comentário**: Explique aos alunos que essa determinação envolve cuidados especiais, pois o álcool é inflamável.

E16. a)

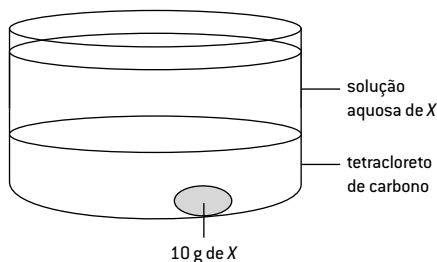



Figura MP.9 Exercício E16.

b) Filtração, em que se separa o sólido insolúvel. Decantação, usando funil de separação, para separar as duas fases líquidas, pois é um sistema heterogêneo que pode ser separado por diferença de densidade. Destilação simples para a solução aquosa, pois é um sistema homogêneo sólido-líquido e pode ser separado, pois apresentam diferentes temperaturas de ebulição.

E17. a) Não, pois óleo e a água são imiscíveis.

b) Esse é o procedimento mais adequado, pois permite recuperar o óleo, que é o produto de interesse.

c) Não, pois ao final teríamos, novamente, "óleo + restos de sementes".

E18. Como todos os frascos estão fechados e os líquidos possuem a mesma massa, e sabemos que $d = m/v$, então o frasco com menor volume possui maior densidade (clorofórmio), o de maior volume possui menor densidade (etanol) e o frasco com volume intermediário contém água.

E19. A densidade foi fornecida como 13 g/cm^3 = 13 g/ml

Portanto: 13 g --------------------- 1 mL

X g ------------------- 500 mL

$X = 6\,500$ g

E20. Bambu e carvão, pois são menos densos do que a água, portanto irão flutuar; já o osso e o alumínio são mais densos e irão afundar.

E21. Após certo tempo, a temperatura do frasco com o líquido X estará em ebulição a 50 ºC e o frasco com o líquido Y estará a 100 ºC. Portanto, pode-se segurar o frasco com o líquido X sem se queimar.

E22. Pentano. As substâncias que são líquidas são aquelas que têm seu ponto de ebulição menor que 25 ºC.

Questões

Q1. *m/V*

Q2. Objetos de um mesmo material podem apresentar qualquer valor de massa e volume, logo estas propriedades não são úteis para identificar os materiais, são propriedades gerais. Porém, esses mesmos objetos apresentam um único valor de densidade, logo esta propriedade é útil na identificação deste material. A densidade é uma propriedade específica para cada material.

Q3.

Amostra (n.º)	Massa (m em g)	Volume (V em cm^3)	Densidade (em g/cm^3)
1	79,0	10,0	7,9
2	156,0	20,0	7,8
3	118,0	15,0	7,9
4	255,0	25,0	10,2
5	235,0	30,0	7,8
6	316,0	40,0	7,9
7	320,0	35,0	9,1
8	39,0	5,0	7,8

Quadro MP.8 Questão Q3.

Q4. As amostras 4 e 7, pois, se o material é o ferro, todas as amostras deveriam apresentar valores bem próximos de densidade, uma vez que ela é uma propriedade específica.

Q5. Para esse cálculo, desprezaria os valores das amostras 4 e 7, pois não correspondem à densidade do ferro, já que houve erro experimental na determinação da massa dessas amostras. Assim, temos que:

$$d = \frac{7{,}9 + 7{,}8 + 7{,}9 + 7{,}8 + 7{,}9 + 7{,}8}{6} = 7{,}85 \text{ g/cm}^3$$

Q6.

Material	Densidade (g/cm^3) a 25 °C	Massa (g)	Volume (cm^3)	Flutuação na água
ferro	7,9	7,9	1,0	não
água	1,0	1,0	1,0	—
madeira paraju	0,6	0,6	1,0	sim

Quadro MP.9 Questão Q6.

Q7. Determine a massa do objeto utilizando uma balança. Em seguida, para conhecer o volume, toma-se uma proveta contendo um volume conhecido de água. Coloca-se então o objeto dentro da proveta. Mede-se o volume final da água. A diferença entre os volumes final e inicial é o volume do objeto. Calcula-se a densidade dividindo a massa pelo volume.

Q8. No caso de objetos menos densos que a água, teríamos um problema a superar: eles flutuam e, portanto, o volume que deslocam de água é menor que o volume do objeto. Assim, a solução seria utilizar outro líquido mais denso que a água, no qual o objeto afunde. Dessa maneira, será possível determinar o volume do objeto pelo deslocamento do líquido.

Q9. O leite desnatado é aquele que perdeu parcial ou totalmente sua nata, ou seja, gorduras. Como as gorduras do leite são menos densas que ele, o processo de desnatação torna o leite desnatado mais denso que o leite integral.

Comentário sobre as questões Q10 e Q11 (e demais "questões preliminares"): Lembramos que as questões preliminares têm como principal objetivo levantar as ideias prévias dos alunos sobre o assunto que será discutido na sequência. Dessa forma, não se espera que, necessariamente, eles saibam respondê-las ou justificá-las. A discussão que os ajudará a compreender as ideias científicas envolvidas deverá ocorrer ao longo da atividade.

Q10. Porque se trata de uma mistura que apresenta apenas um aspecto, uma mistura homogênea. Os componentes, álcool e gasolina, misturam-se completamente.

Q11. a) Espera-se que a gasolina flutue, pois sua densidade é menor do que a densidade da água. **Comentário**: No caso de os alunos não terem o dado de densidade, a resposta é livre e poderá ser confirmada na atividade.

b) A ordem de adição não interferirá, pois a flutuação ou não dependerá apenas da densidade.

c) É a densidade.

Q12. O volume da gasolina diminuiu porque o álcool que estava presente na gasolina se dissolveu na água.

Q13. Esse valor será determinado calculando o aumento de volume da fase aquosa ou a diminuição de volume da fase gasolina. Considerando, por exemplo, uma amostra que apresente 61,5 mL de fase aquosa e 38,5 mL de fase gasolina, teremos 11,5 mL de álcool em 50 mL de gasolina. **Comentário**: Os valores dependerão da amostra de gasolina utilizada.

Q14. Considerando o exemplo que adotamos na resposta anterior, 50 mL de gasolina correspondem a 100% da amostra, no entanto 11,5 mL correspondem ao álcool que se dissolveu na água. Logo:

50 mL $\Leftrightarrow$ 100%

então, $x = 23\%$

11,5 mL $\Leftrightarrow x$

Q15. Pode-se usar um funil de decantação para separar a fase gasolina da fase álcool + água. **Comentário**: Inicialmente a resposta é livre; os estudantes deverão propor formas para a separação.

Q16. A mistura água e álcool é uma mistura azeotrópica; assim, por destilação, obteríamos o azeótropo. **Comentário**: Os estudantes poderão propor outras formas para a separação. É importante discutir as formas propostas.

Q17. Existem vários motivos, dentre os quais se destacam: 1) Houve grande investimento no Pró-Álcool na década de 1980. Com o decréscimo do consumo do álcool combustível, a adição de álcool à gasolina resolveu o problema da oferta desse combustível no mercado; 2) Com menor consumo de gasolina, as importações de petróleo poderiam diminuir; 3) O álcool combustível polui menos, pois sua queima é mais eficiente e não produz gases de enxofre; 4) É um combustível renovável.

Q18. A quantidade de álcool adicionada à gasolina não tem sido constante. Em geral, varia entre 18% e 26%. Quem determina essa porcentagem é a Agência Nacional de Petróleo (ANP).

Q19. No Brasil, o álcool combustível é obtido a partir da cana-de-açúcar. Após a colheita, a cana é levada às usinas, lavada, picada e moída. Seu "suco", a garapa, passa por sucessivos evaporadores, chamados condensadores de efeito, tornando-se mais concentrada. Tem-se, então, o melaço. São adicionados ao melaço microrganismos que realizam a fermentação alcoólica. O mosto fermentado é filtrado e, então, destilado, obtendo-se o álcool combustível (96% álcool e 4% água).

Q20. A gasolina é obtida a partir da destilação fracionada do petróleo. Esse processo consiste no aquecimento do petróleo e consequente separação de suas frações constituintes pela diferença entre seus pontos de ebulição. Atualmente, frações mais pesadas do petróleo, antes apenas aproveitadas como piche e asfalto, passam por um processo denominado craqueamento catalítico, no qual são obtidas, por reações químicas, frações mais leves do petróleo, como gasolina e óleo *diesel*.

Q21.

Combustível	Vantagens	Desvantagens
álcool	É renovável; emprega extensa mão de obra; polui menos; possibilitou desenvolvimento de tecnologia automotiva nacional; produção nacional, não impactando a balança comercial.	A mão de obra é temporária, ocupada no plantio e na colheita; tem menor poder calorífico; exige proteção contra corrosão para as partes do carro com as quais entra em contato; ocupa extensas áreas férteis.
gasolina	Maior poder calorífico; menos problemas de manutenção veicular.	É não renovável; polui mais por ter impurezas de enxofre, produzindo gases que contribuem para o fenômeno da chuva ácida; requer importação de petróleo, tornando o país sujeito às oscilações do mercado internacional.

Quadro MP.10 Questão Q21.

Q22. Os principais componentes da gasolina são compostos formados apenas por carbono e hidrogênio, pertencentes à família dos hidrocarbonetos, mais especificamente o grupo dos alcanos.

Q23. Resposta pessoal.

Q24. A 100 °C, se estiver ao nível do mar, porque essa é a temperatura de ebulição da água.

Q25. Quando a água entra em ebulição, a temperatura se mantém constante, pois trata-se de uma substância pura. **Comentário**: É comum os alunos sugerirem que a temperatura da água continuará subindo, pois ela continua submetida ao aquecimento.

Q26. As bolhas são constituídas de ar. Isso evidencia que existe ar dissolvido na água.

Q27. As bolhas formadas durante a ebulição são formadas por vapor de água, pois o líquido (água) está mudando de fase.

Q28. Durante a ebulição, a temperatura se manteve constante.

Q29. A temperatura de ebulição depende da pressão atmosférica; o resultado pode ou não ser igual a 100 °C. Nem sempre o aluno sabe dizer qual é a temperatura de ebulição. É um bom momento para o professor começar a explicar os fatos, a partir das diversas respostas dos alunos da classe.

Q30. Em geral, a expectativa do aluno era de que a temperatura da água continuasse subindo. Às vezes, conseguem explicar,

dizendo que a energia do aquecimento foi usada para fazer a água mudar de fase, e não mais para elevar a temperatura da água, o que está correto.

Q31. Sim, pois a temperatura de ebulição é uma propriedade específica dos materiais.

Q32. a) A resposta dependerá do local do experimento.

b) No Pico da Bandeira, a temperatura de ebulição é menor que 100 °C; como a pressão atmosférica é baixa, será mais fácil o líquido passar para o estado gasoso e, portanto, a energia requerida no processo é menor.

Q33. a) O tempo necessário seria o dobro também, mantendo-se a mesma fonte de aquecimento.

b) A temperatura de ebulição seria a mesma, pois é uma propriedade específica dos materiais, ou seja, não depende da quantidade da substância e, sim, do tipo de substância.

Q34. A 0 °C, pois esta é a temperatura de fusão da água.

Q35. Durante o congelamento, a temperatura da água se mantém constante, pois é uma propriedade específica.

Q36. 0 °C.

Q37. Permaneça constante, pois a temperatura de fusão é uma propriedade específica das substâncias.

Q38. Na mistura, a temperatura em que se inicia o congelamento é menor que 0 °C e a temperatura decresce continuamente durante o congelamento.

Comentários: Como a temperatura de ebulição já foi discutida na atividade anterior, alguns alunos ficam mais atentos e percebem que a constância da temperatura naquela mudança de fase também deve ocorrer no processo de congelamento. Quando realizam o experimento, porém, mesmo tendo respondido às questões preliminares, prevendo corretamente o fenômeno, ficam incomodados com o fato de o termômetro continuar marcando 0 °C. Além disso, as respostas às questões preliminares são diversificadas: alguns não sabem os valores e não percebem que para as misturas o comportamento é diferente. Por isso, é muito importante a discussão após o experimento.

Q39. Esse "suor" é constituído de gotículas de água. Essas gotículas são provenientes da condensação da umidade (vapor de água) presente no ar atmosférico.

Q40. Inicialmente, a temperatura diminuiu, depois ficou constante e em seguida diminuiu novamente.

Q41. A temperatura diminuiu durante todo o experimento.

Q42. a) Quando a temperatura começou a diminuir pela primeira vez, a água estava no estado líquido;

b) Quando a temperatura permaneceu constante, havia a coexistência dos estados líquido e sólido;

c) Quando a temperatura começou a diminuir pela segunda vez, havia apenas o estado sólido.

Q43. Veja o quadro na resposta da atividade A22 deste capítulo.

Q44. Enquanto a água congelava, a temperatura se manteve constante.

Q45. Depende da resposta do aluno. **Comentário**: Aqui, ao contrário do aquecimento da água, em que alguns até explicam que a energia que o sistema recebe está sendo usada para fazer a água virar vapor, poucos percebem que a energia continua sendo liberada durante o congelamento.

Q46. Sim, pois a temperatura de solidificação é uma propriedade específica das substâncias.

Q47. a) Sim. **Comentário**: Pouca divergência pode ser observada, às vezes sendo medido 0,5 °C, ou –0,5 °C, o que está dentro do erro de medida do termômetro (±0,5 °C), se a escala for de 1 em 1 °C.

b) A fusão e a solidificação são mudanças de fases entre sólido e líquido. O que difere é: o calor é retirado do sistema (solidificação) ou o calor é fornecido ao sistema (fusão).

Q48. Porque na fusão e na solidificação não há passagem de matéria para o estado gasoso e, portanto, não há influência da pressão atmosférica.

Q49. a) O tempo necessário seria o dobro também, mantendo-se a mesma fonte de resfriamento.

b) A temperatura de solidificação seria a mesma, pois é uma propriedade específica dos materiais, ou seja, não depende da quantidade da substância e, sim, do tipo de substância.

Q50. Não, pois a temperatura variou durante a solidificação dessa mistura.

Q51. Ao comparar os dois gráficos, percebe-se que durante a solidificação da água pura a temperatura se mantém constante e, na mistura, não. Isso ocorre porque a temperatura constante durante as mudanças de fase é uma propriedade específica apenas de substâncias puras.

Q52. A temperatura é uma propriedade geral, pois um determinado valor de temperatura pode ser associado a qualquer substância. Já as temperaturas de mudança de fase, como as temperaturas de ebulição, fusão e solidificação, são propriedades específicas dos materiais, pois cada substância tem seu próprio valor de temperatura de mudança de fase.

Q53. a) A substância pura mantém a temperatura constante durante a solidificação, e a mistura, não.

b) Sim, pois a temperatura constante durante a mudança de fase é propriedade apenas das substâncias puras.

c) Sim, desde que seja pura. O que muda é o valor da temperatura de mudança de fase, pois ela é uma propriedade específica de cada substância.

Q54. Um sistema constituído por uma substância pura apresenta temperatura constante tanto na fusão (ou solidificação) quanto na ebulição. Um sistema constituído por uma mistura (de duas ou mais substâncias) apresenta temperatura variável durante as mudanças de fase, podendo apresentar temperatura constante apenas em uma das mudanças de fase (ou na fusão, caso das misturas eutéticas; ou na ebulição, caso das misturas azeotrópicas).

Q55. Sugestão de texto: Uma solução é uma mistura de duas ou mais substâncias. Essa mistura, porém, deve apresentar um único aspecto, não sendo possível distinguir seus componentes, ou seja, deve ser homogênea. As soluções podem ser de sólidos em líquidos, gases em líquidos, entre líquidos, entre gases ou entre sólidos.

Q56. Ligas metálicas, como o bronze e o latão, são exemplos de soluções sólidas.

Q57. a) A água.

b) O cloreto de sódio (NaCl).

Q58. O sal não é solúvel no óleo de cozinha à temperatura ambiente. Podemos perceber isso quando temperamos uma salada com óleo e sal.

Q59. Isso ocorre porque água e óleo não se misturam e, como o óleo é geralmente menos denso que a água, ele flutua, espalhando-se rapidamente pela superfície da água.

Q60.

Nome	Símbolo	Coluna
sódio	Na	1
cloro	Cl	17
magnésio	Mg	2
enxofre	S	16
cálcio	Ca	2
potássio	K	1
zinco	Zn	12
cobre	Cu	11
estanho	Sn	14
prata	Ag	11
ouro	Au	11
bromo	Br	17
hidrogênio	H	1
nitrogênio	N	15
oxigênio	O	16
argônio*	Ar	18
hélio*	He	18
neônio*	Ne	18
criptônio*	Kr	18
xenônio*	Xe	18
radônio*	Re	18

* gás nobre

Quadro MP.11 Questão Q60.

Q61. A solubilidade é uma propriedade específica das substâncias, que nos permite saber qual massa de um determinado soluto se dissolve em um solvente específico a uma dada temperatura.

Q62. A temperatura e o tipo de solvente.

Q63. Supondo que o volume da solução não tenha se alterado por evaporação do solvente, não há como observar precipitado, pois a temperatura, o tipo de solvente e sua quantidade permaneceram inalterados.

Q64.

NaCl fundido	NaCl dissolvido em água
É uma substância pura e apresentará temperatura constante na solidificação e na ebulição.	É uma mistura comum e apresentará temperatura variável na solidificação e na ebulição.
Tem somente um componente.	Apresenta dois componentes.

Quadro MP.12 Questão Q64.

Q65. b

Q66. c

Q67. e

Q68. c

Q69. a

Q70. Resposta: 58 (= 02 + 08 +16 + 32).

Q71. a) fase superior: 39 mL; fase inferior: 61 mL.
b) Se o volume da fase aquosa for maior que 61 mL.

Q72. Falsa, pois o oxigênio que os peixes respiram é a substância oxigênio, que está dissolvida em água, e não os átomos de oxigênio constituintes da molécula da água.

Q73. d

Q74. c

Q75. c

Q76. b

Q77. e

Q78. b

Q79. e

Q80. a

Q81. c

Q82. d

Q83. b

Q84. c

Q85. a

Q86. Clorofórmio, etanol, e fenol são líquidos a 50 °C; éter etílico e pentano são gasosos nessa temperatura.

Q87. b

Q88. d

Q89. d

Q90. a

Sugestões de leitura para formação do professor

- CANTO, E. L. *Plásticos:* bem supérfluo ou mal necessário? São Paulo: Moderna, 1995. p. 120.

Este livro tem como proposta colocar o leitor em contato com informações sobre este material densamente presente em nossa cultura, o qual se confunde ora para o bem (às vezes supérfluo), ora para o mal.

- DAZZANI, M. et al. Explorando a Química na determinação do teor de álcool na gasolina. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 17, maio 2003. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc17/a11.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

O artigo aborda a identificação e a determinação do teor de álcool na gasolina. Propriedades físicas e conceitos químicos foram utilizados para que os alunos explicassem os fenômenos envolvidos, a partir da estrutura molecular.

- FARIAS, R. F. de. Utilizando uma luminária do tipo "lava-luz" para o ensino de densidade, dilatação térmica e transformações de energia. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 19, 2004. p. 43-5. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc19/a13.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

O artigo propõe o uso de uma luminária do tipo "lava-luz" como recurso para o ensino da variação de densidade com a temperatura.

- GOMES, L. A. K. Propriedades específicas dos materiais. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, v. 8, 1998. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc08/relatos.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

O artigo propõe estratégias de organização curricular que contemplam a priorização de conteúdos e temas, dando atenção a abordagens que promovam aprendizagens significativas em Química.

- LACERDA, C. de C. et al. Abordagem dos conceitos mistura, substância simples, substância composta e elemento químico numa perspectiva de ensino por situação-problema. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, v. 34, n. 2, maio 2012. p. 75-81. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_2/05-RSA-73-10.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2013.

O artigo aborda problemas relacionados aos conceitos: mistura, substância simples, substância composta e elemento químico.

- MATEUS, A. L. *Química na cabeça*. Belo Horizonte: UFMG, 2010. p. 128.

O livro apresenta vários experimentos simples e de fácil execução, muitos com grande impacto visual. Aborda a Química da água, do mundo multiforme dos polímeros, do mundo colorido dos corantes e pigmentos, das soluções e cristais maravilhosos que delas emergem, etc.

- MORTIMER, E. F.; SCOTT, Philip H. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramente sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*. Porto Alegre: 2002, vol. 7, n. 3., pp. 283-306. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID94/v7_n3_a2002>. Acesso em: 18 fev. 2013.

Este artigo traz um ferramenta desenvolvida para analisar e planejar aulas de ciências, com um exemplo de uso em relação ao tema "transformações químicas". As nossas ideias sobre diálogo e interação, desenvolvidas ao longo de todo este livro, foram baseadas em parte nesses recursos. Há, nesse artigo, uma interessante forma de planejar a comunicação em sala de aula, de forma que ela possa alternar um discurso dialógico, em que são considerados diferentes pontos de vista dos estudantes, e um discurso de autoridade, em que apenas o ponto de vista científico é considerado.

- PRAIA, João Felix; CACHAPUZ, António Francisco Carrelhas; GIL-PEREZ, Daniel. Problema, teoria e observação em ciência: para uma reorientação epistemológica da educação em ciência. Ciência & Educação (Bauru) [*online*]. 2002, vol. 8, n. 1, pp. 127-145. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S1516-73132002000100010&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 10 jan. 2013.

O artigo traz um conjunto de ideias sobre aspectos importantes para a educação científica, como o problema, a teoria e a observação em Ciência. Com isso busca-se contribuir para que os professores sejam mais capazes de fundamentar as suas opções educacionais e didáticas em relação à ciência que ensinam. Como este capítulo enfatiza especialmente o problema, a observação, a teoria e a relação entre eles, esse artigo traz uma discussão pertinente para os professores.

- ROSSI, A. V. et al. Reflexões sobre o que se ensina e o que se aprende sobre densidade a partir da escolarização. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 30, nov. 2008. p. 55-60. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc30/1-A-5208.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

O artigo apresenta dados sobre concepções de estudantes, incluindo uma pesquisa com 440 alunos de Ensino Médio e Superior, a fim de obter subsídios para repensar formas de ensinar o conceito "densidade".

- SILVA, E. R. da; SILVA, R. R. H. da. *Álcool e gasolina:* combustíveis do Brasil. São Paulo: Scipione, 1989. 72 p.
- VAZ, E. L. S. e outros. Uma experiência didática sobre viscosidade e densidade. *Química Nova na Escola*, São Paulo: SBQ, n. 3, agosto 2012, p. 155-158, Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_3/08-EEQ-111-10.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2013.

O artigo apresenta uma proposta para avaliar e diferenciar a viscosidade e a densidade. Os autores utilizaram materiais de uso doméstico como solução de sacarose, detergente biodegradável e óleo vegetal de soja.

- VENQUIARUTO, L. D. Saberes populares fazendo-se saberes escolares: Um estudo envolvendo a produção artesanal do pão. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, v. 33, n. 3, ago. 2011. p. 135-141. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc33_3/135-QS0511.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2013.

O artigo relata uma investigação envolvendo os saberes populares sobre o preparo artesanal do pão. O trabalho dos autores resultou na elaboração de atividades experimentais envolvendo os conceitos de cinética química e densidade.

Sugestões de páginas na internet

- **<www.lapeq.fe.usp.br/labdig/simulacoes/fase.php>**

Página do Laboratório de Pesquisa em Ensino de Química e Tecnologias Educativas (Lapeq) da Faculdade de Educação da USP (Feusp). Nesta página você vai encontrar simulação para as mudanças de fase da água com o aumento da temperatura. Acesso em: 21 ago. 2012.

Sugestões de vídeos

"Diferentes densidades da água no estado líquido"

- **<www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=25&DIFERENTES+DENSIDADES+DA+AGUA+NO+ESTADO+LIQUIDO>**

Este vídeo apresenta um experimento de líquidos com cores e temperaturas diferentes sendo misturados. É interessante para abordar a relação da densidade com a temperatura. Acesso em: 25 abr. 2012.

"Lava de óleo e sal"

- **<www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=166&LAVA+DE+OLEO+E+SAL>**

Este vídeo apresenta um experimento que é comumente aplicado em abajures de lava comercialmente vendidos como objetos de decoração. É interessante para abordar conceitos de miscibilidade, solubilidade e diferença de densidade entre as substâncias. Acesso em: 25 abr. 2012.

Capítulo 3 — Materiais: estudo de processos de separação e purificação

Professor

Aqui começam as orientações para o Capítulo 3 (p. 66 a p. 89).

Objetivo do capítulo

O capítulo 3 tem como objetivo discutir ideias sobre materiais, destacando os processos de separação como essenciais para as atividades de um químico. Esses processos são também discutidos de forma bastante contextualizada trazendo questões ambientais para a aula de Química. Este é um bom momento para diferenciar uma substância de uma mistura e abordar a questão dos critérios de pureza relacionados ao uso que se faz do material.

Sugestões para a organização do trabalho com os alunos

Os textos iniciais deste capítulo (questões propostas) fazem referência ao Texto 3. Esse texto é bastante longo e poderá ser lido aos poucos, de acordo com as necessidades da turma.

No **Texto 1** – "O tratamento de água e os processos de separação de misturas" – o objetivo é abordar processos de separação de misturas no contexto de estações de tratamento de água. É interessante que se faça uma leitura coletiva do texto em sala de aula. Essa leitura pode ser entremeada por discussões que ajudem os alunos a compreender o que estão lendo.

O **Texto 2** – "O tratamento de esgotos e os processos de separação de misturas" tem como objetivo abordar processos de separação de misturas no contexto de estações de tratamento de esgotos. Junto a esse texto há uma notícia da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) sobre a obtenção de um biossólido, que pode ser usado como adubo agrícola, a partir do iodo produzido nas estações de tratamento de esgoto. Há também outro texto, em que o descarte do óleo de cozinha é discutido. A seguir apresentamos uma receita de sabão de erva-doce, feita com óleo de cozinha usado.

O mesmo procedimento adotado para a leitura do Texto 1 pode ser adotado também para o Texto 2. Uma atividade interessante a ser sugerida envolve a produção de sabão de erva-doce a partir de óleo de cozinha usado coletado nas casas dos próprios alunos, seguindo a receita que apresentamos no livro. Aproveite as questões Q9 e Q10 para promover uma reflexão sobre hábitos alimentares com seus alunos focalizando a questão: consumo de frituras.

Na **Atividade 1** – "Purificando a água" –, os alunos poderão exercitar o planejamento, propondo procedimentos de purificação dependendo do uso que se quer fazer da água. O objetivo aqui é criar uma discussão a respeito de critérios de pureza.

O **Texto 3** – "Sistemas, fases, misturas e processos de separação" – vai sistematizar a discussão sobre o tema do capítulo. Pode ser que os alunos já conheçam o assunto; mesmo assim, vale recomendar a leitura do texto e os exercícios finais.

Resolução de atividades e questões

Atividades

Comentário sobre as questões A1 e A2: A intenção em A1 e A2 é de criar um espaço para que os alunos reflitam sobre possíveis procedimentos para purificação da água. Não se espera que, necessariamente, eles saibam responder corretamente, mas que se disponham a discutir buscando soluções.

A1. Algumas sugestões de procedimentos são:

a) A utilização de um filtro construído com areia e cascalho.

b) A água potável deve estar isenta de microrganismos patogênicos; portanto, poderá ser fervida, e poderá ser adicionado a ela hipoclorito de sódio, também chamado comercialmente de água sanitária.

c) Deve ser feita uma destilação.

A2. Propostas de procedimentos experimentais serem sugeridas pelos alunos.

A3. Pesquisa a ser desenvolvida pelo aluno.

A4. Projeto experimental a ser desenvolvido pelos alunos.

Questões

Q1. Flotação, decantação e filtração.

Q2. Apesar de a água passar por um processo de purificação antes de chegar às torneiras de nossas casas, ao atravessar a canalização que a leva da estação de tratamento até as residências é possível que diversos contaminantes presentes na tubulação sejam misturados a ela. Além disso, os filtros contribuem para a retirada do cloro, de odores e sabores desagradáveis.

Q3. Nesta questão, os alunos poderão elaborar argumentos diferentes. Caberá a você analisar com eles cada sugestão. Alguns exemplos de argumento são:

- o custo empregado;
- o consumo de substâncias químicas;
- o consumo de energia empregado.

Q4. Filtração, decantação, flotação e evaporação.

Q5. Muitos organismos patogênicos como bactérias, vírus, fungos e parasitas estão presentes no lodo do esgoto. Embora parte desses organismos seja inofensivo, alguns são considerados perigosos para a saúde humana e animal. Ao longo do processo de tratamento do esgoto, grande parte desses microrganismos é eliminada, no entanto não é possível garantir que essa eliminação seja completa, o que torna a utilização do biossólido inadequada para produtos que sejam consumidos crus ou que tenham contato direto com o solo, como batata, cenoura e hortaliças.

Q6. Pesquisa a ser desenvolvida pelo aluno sobre a existência ou não de tratamento do esgoto em sua cidade.

Q7. O óleo fica na superfície porque ele é insolúvel na água e menos denso que ela.

Q8. 1) O óleo dificilmente se decompõe, podendo contaminar o solo e, consequentemente, os lençóis freáticos; 2) A decomposição do óleo, assim como de todo material orgânico, emite metano para a atmosfera – gás de efeito estufa (GEE), o qual contribui para o superaquecimento terrestre.

Q9. Resposta pessoal do aluno. **Comentário**: A ingestão excessiva de frituras pode provocar, principalmente, obesidade e doenças cardiovasculares. A obesidade pode desdobrar-se em doenças como pressão alta, diabetes e apneia noturna. As gorduras saturadas provocam um aumento do nível de colesterol "ruim" e a diminuição do "bom". Esse processo provoca o acúmulo de placas gordurosas nas paredes das artérias podendo levar ao infarto e outras doenças cardiovasculares. Por isso, a opção por uma dieta mais saudável é fundamental para a saúde humana.

Q10. Trocar alimentos fritos por grelhados, cozidos ou assados.

Q11. Componentes são as substâncias presentes num determinado sistema. Já as fases são aspectos diferenciados que podemos distinguir no sistema. Um dos exemplos mais comuns é um sistema formado de água + gelo num copo. Supondo que tanto a água quanto o gelo sejam puros, temos, nesse sistema, um único componente: a água. Temos, no entanto, duas fases: a fase líquida e a fase sólida.

Q12. Em um sistema aberto, pode haver troca de matéria e calor com a vizinhança; em um sistema fechado, não há transferência de matéria para a vizinhança, mas pode haver transferência de calor. Um exemplo de sistema aberto seria um recipiente destampado com água fervendo. O vapor de água espalha-se pelo ambiente. Se tamparmos esse recipiente, não há espalhamento do vapor para o ambiente, mas a água continua recebendo calor; portanto, trata-se de um sistema fechado.

Q13. Em um sistema isolado, não há troca de matéria nem calor para a vizinhança. Um exemplo seria o da garrafa térmica utilizada normalmente para conservar líquidos quentes, como o café.

Q14. A diferença está no número de fases que o sistema apresenta. O homogêneo tem apenas uma fase ou um aspecto e o sistema heterogêneo apresenta mais de uma fase ou aspecto diferenciado. Exemplos: heterogêneo = óleo + água; homogêneo = água + álcool.

Q15. Não, porque os dois componentes não se misturam, são imiscíveis. A melhor denominação seria sistema heterogêneo.

Q16. a) Decantar usando o funil de decantação. Usa-se a diferença de densidade para a separação.

b) Dissolve-se o sal em água. Usa-se a diferença de solubilidade, pois a areia não é solúvel em água. Depois, filtra-se o sistema para separar a areia da solução de água e sal. Posteriormente, faz-se uma vaporização ou uma destilação para obter o sal separado da água.

c) Destilação fracionada. Usa-se a diferença de temperatura de ebulição para a separação.

d) Liquefação fracionada. Usa-se a diferença de temperatura de liquefação para a separação.

e) Faz-se uma filtração para separar o iodeto de chumbo da solução de sal e água, pois o iodeto de chumbo não é solúvel em água. Depois, faz-se uma vaporização ou uma destilação para obter sal de cozinha e água separados.

Q17. Não é possível a separação porque a mistura apresenta uma temperatura de ebulição constante, que é menor do que a temperatura de ebulição de cada um dos componentes da mistura.

Q18. d

Q19. a

Q20. a) H_2O, O_2.

b) O estudante está considerando que o oxigênio elementar (O), que constitui a molécula de água (H_2O), e o oxigênio (O_2), substância gasosa, possuem as mesmas propriedades.

Q21. b

Q22. b

Q23. a) Em $t = 0$, início do processo, em que há aproximadamente 80% de N_2 e 20% de O_2.

b) De $t = 1,1$ até $t = 11,5$, em que a concentração de O_2 é nula.

c) Os intervalos possíveis são: de 1,1 a 3,3, quando há liberação de H_2. De 2,5 a 12, quando há liberação de CH_4. O melhor intervalo é o que corresponde à maior concentração de CH_4 na mistura: de $t = 6$ a $t = 10$.

Q24. c

Q25. e

Q26. a

Q27. a

Q28. b

Q29. e

Q30. A destilação fracionada é um método que separa os componentes da mistura pela diferença de temperaturas de ebulição (TE). Ao aquecer a mistura líquida, a substância que apresenta menor TE é a primeira a passar para o estado gasoso e se separar do sistema e assim consecutivamente. No caso da mistura sugerida, o primeiro componente a se separar será o nitrogênio (substância com menor TE), seguido do argônio e, por fim, o oxigênio (substância com maior TE).

Q31. a) Toda substância pode ser representada por uma fórmula química. No entanto, o leite é uma mistura de substâncias, por isso não pode ser representado por uma fórmula química.

b) Não, o leite é uma mistura heterogênea, porque ao ser visto pelo microscópio apresenta mais de uma fase.

Q32. a

Q33. a

Q34. e

Q35. e
Q36. d
Q37. d
Q38. d
Q39. c
Q40. b

Sugestões de leitura para formação do professor

- BELTRAN, M. H. R. Destilação: a arte de "extrair virtudes". *Química Nova na Escola.* São Paulo: SBQ, v. 4, 1996. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc04/historia.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

O artigo apresenta ideias atuais sobre as origens e o desenvolvimento do processo de destilação. São enfocadas algumas concepções acerca desse processo elaboradas em diferentes épocas até o século XVI, bem como aspectos relativos à sua utilização, principalmente na obtenção de medicamentos.

- MASSI, L. et al. Fundamentos e aplicação da flotação como técnica de separação de misturas. *Química Nova na Escola.* São Paulo: SBQ, n. 28, maio 2008. p. 20-3. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/05-CCD-7106.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

O artigo aborda o tema das separações de misturas considerando a técnica da flotação discutindo concepções errôneas que frequentemente aparecem em textos didáticos.

- PACCA, Jesuína Lopes de Almeida; SCARINCI, Anne Louise. O que pensam os professores sobre a função da aula expositiva para a aprendizagem significativa. *Ciência & Educação* (Bauru), 2010, vol. 16, no. 3, p. 709-721. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132010000300014&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 10 fev. 2013.

O artigo aborda a questão da função da aulas expositiva numa sequência didática, assunto extremamente importante para ser discutido com os professores, pois incentiva o diálogo entre as visões dos alunos e a do professor mesmo numa atividade considerada tradicional.

Sugestões de páginas na internet

<www.pontociencia.org.br>

Na página do projeto Ponto Ciência você vai encontrar várias sugestões de experimentos envolvendo processos de separação. Acesso em: 25 abr. 2012.

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/recursos/11718/cromatografiacoluna_lapeq.swf>

Simulação que expõe a cromatografia de coluna, mostrando ao aluno como separar misturas através deste método. Acesso em: 21 ago. 2012.

Sugestões de vídeos

"As águas do planeta Terra" – Programas de TV Química Nova na Escola

Mostra uma série de informações sobre a água e ao final uma visita à Estação de Tratamento de Águas do Rio Guandu (ETA Guandu), trazendo os vários processos de separação de misturas usadas no tratamento de água. Para mais informações acesse <www.sbq.org.br>. Acesso em: 25 abr. 2012.

Capítulo 4 — Aprendendo sobre o lixo urbano

Professor

Aqui começam as orientações para o Capítulo 4 (p. 90 a p. 113).

Objetivos do capítulo

O capítulo 4 tem por objetivo trazer a discussão de uma questão fundamental para a sociedade: o lixo. Buscamos sensibilizar os alunos para as relações que são estabelecidas entre eles e o meio. Pretendemos que conheçam sua realidade local para que possam, então, ampliar sua compreensão para o global. Nosso comportamento em relação ao ambiente está relacionado a valores e atitudes, compreensão e habilidades. Assim, pretendemos possibilitar a tomada de consciência de algumas questões culturais para mobilizar as pessoas a modificar ou regular suas ações.

Trabalhamos com as questões ambientais a partir do estudo da Química buscando utilizar instrumentos que o conhecimento químico pode oferecer para possibilitar aos estudantes um olhar diferente para a realidade ambiental.

Propusemos algumas atividades que solicitarão dos estudantes e dos professores uma "abertura para o mundo". Procuramos promover uma sensibilização a respeito dos problemas mais próximos relacionados à produção e ao descarte do lixo e à busca de soluções. Sair da sala de aula, buscar o contato com as experiências das pessoas, buscar informações em órgãos públicos, olhar para o próprio lixo, pensar sobre o que consumimos e jogamos fora: essas foram algumas estratégias que escolhemos para identificar problemas, coletar e organizar informações, discutir soluções e encaminhamentos. As atividades pretendem discutir questões relacionadas ao comportamento, atitudes e valores das pessoas, então é importante que haja a possibilidade de serem elaboradas em um processo mais longo.

Sugestões para a organização do trabalho com os alunos

Este capítulo sugere várias atividades para serem executadas pelos alunos, e você não precisa necessariamente fazer todas elas. Pode selecionar algumas que considere mais adequadas a seus propósitos. Você pode planejar abordar o capítulo organizando, ao final, uma "mostra interativa". Os temas são de interesse social e pode ser gratificante

"abrir" a escola, a pais, amigos e toda a comunidade. Você pode montar, com seus alunos, uma comissão organizadora, dividindo-os em equipes responsáveis por tarefas diversas. As atividades que forem de caráter experimental podem ser realizadas pelas pessoas que visitarem a mostra. Vocês podem imaginar jogos, peças de teatro e outras tantas atividades, mas o importante é que se dê um caráter interativo ao que for apresentado. Essa é uma maneira de contribuir para a ampliação do alcance do trabalho da escola, possibilitando à comunidade um acesso continuado ao conhecimento.

Nossa experiência com a utilização das atividades deste capítulo nos leva a organizar o trabalho de formas diferentes. Uma das formas que nos parece mais proveitosa inclui a proposta de algumas das atividades para toda a turma e, em seguida, a distribuição de uma atividade para cada grupo.

Inicialmente, é fundamental uma sensibilização dos alunos sobre a questão do lixo. Isso é feito no **Texto 1** – "O que é o lixo urbano?".

A execução da **Atividade 1** – "Planejando um acampamento selvagem" – também é muito interessante para isso. Você pode realizá-la em sala ou determinar que seja uma atividade para casa, mas é fundamental que seja realizada em grupos pequenos.

A **Atividade 1** tem como objetivo principal sensibilizar os alunos para a questão da produção e do destino do lixo durante uma atividade coletiva. Para isso, propomos que eles realizem, em grupo, um planejamento para acampar três dias em um Parque Nacional sem degradar o ambiente. Pretendemos fazer com que os alunos se envolvam em uma reflexão sobre o uso e as transformações dos objetos em seu cotidiano e sobre o destino do lixo e dos dejetos produzidos. Sugerimos, como estratégia, que você organize uma discussão com a turma tendo por base os planejamentos propostos pelos alunos e alguns dos pontos que apresentamos a seguir.

Pontos importantes para a discussão:

- Reflexão sobre o consumo.
- Critérios para descartar o lixo produzido (o que fica e o que volta).
- Posturas e atitudes culturais.
- A qualidade e a adequação da alimentação.
- Embalagens.

O **Texto 2** – "Mostre-me teu lixo e eu te direi quem és" – é interessante para o processo de sensibilização da turma sobre a questão dos hábitos de consumo. A partir daí, todos já estarão preparados para levar as atividades do capítulo para dentro de casa. O Texto 2 inclui dois pequenos textos – ("Lixo do Rio se sofistica com Plano Real" e "Tendência de mudança na qualidade se mantém"), retirados do jornal *Folha de S.Paulo*, que têm como objetivo contextualizar a discussão que se pretende fazer ao longo de todo o desenvolvimento do capítulo. As duas reportagens fazem uma análise das modificações qualitativas e quantitativas do lixo de alguns segmentos da população carioca, tendo em vista as modificações no poder aquisitivo ocasionadas pelo Plano Real, a partir de 1995. Nosso objetivo é trazer a questão da relação entre o padrão de consumo e a produção de lixo. Para nós, o encaminhamento de soluções para a questão do lixo não passa apenas pelo reaproveitamento dos materiais, como a reciclagem, mas por uma conscientização dos hábitos e critérios de consumo das pessoas. É fundamental não só discutir a forma de dar um destino final ao lixo produzido, mas também como reduzir sua produção. Assim, você poderá dirigir as discussões de modo que abordem muitos aspectos, de acordo com seus objetivos. Para citar alguns:

- a incorporação de alguns tipos de alimentos e sua relação com a veiculação pela mídia (o aumento do consumo de "bebidas esportivas", por exemplo);
- a questão do aumento da produção de embalagens descartáveis (por exemplo, a substituição de garrafas de vidro por embalagens PET nos refrigerantes) – a quem serve?;
- o significado da ordem de grandeza da quantidade de lixo produzida – buscar estabelecer algumas comparações com quantidades conhecidas.

A **Atividade 2** – "Determinando a composição do lixo doméstico" – deve ser desenvolvida por todos os alunos individualmente em casa. Para a realização dessa Atividade, faça um levantamento inicial de quantos alunos realizam coleta seletiva em casa. E você, separa seu lixo? Se não, aconselhamos que você também faça a atividade antes de passá-la para os alunos.

É fundamental que você, professor, fique atento ao fato de que a proposição de uma atividade como a da observação do lixo doméstico acarreta entrar na privacidade dos lares de seus alunos e até interfere um pouco na rotina de cada um. É importante que os pais sejam informados sobre a intenção de realizar um projeto como esse e que se destaque a necessidade de repensarmos nossos hábitos. Você pode promover um encontro com os pais para informá-los, ou enviar um comunicado, mas não deixe de envolvê-los nesta atividade.

Sugerimos um procedimento para os alunos analisarem o lixo de suas casas. Consideramos, porém, muito importante que eles discutam entre si (em grupos pequenos) e proponham (por escrito) suas próprias maneiras para investigar a composição do lixo doméstico. Como estratégia, sugerimos que você promova uma discussão com toda a turma buscando socializar as propostas dos alunos e comparando com o roteiro proposto pelo livro.

A **Parte A** – "Elaborando critérios para separar materiais encontrados no lixo" – vai propiciar ao aluno a oportunidade de ter elementos para elaborar critérios que utilizará na classificação do lixo de sua residência. Observe que podería-

mos ter apresentado esses critérios; contudo, esse é um exercício muito interessante para os alunos: observar objetos e tentar abstrair algumas de suas características, como os materiais de que são constituídos e seu uso.

Na **Parte B** – "Coletando o lixo doméstico seletivamente para determinar sua composição qualitativa e quantitativa aproximada" –, os alunos deverão organizar, individualmente, uma coleta seletiva do lixo reciclável produzido em sua casa para obter dados sobre sua composição quantitativa e qualitativa. Indique que recolham apenas o lixo reciclável (nesta atividade não abordaremos o lixo orgânico). Tendo recolhido o lixo reciclável separadamente, deverão realizar medidas de peso e volume. Sua orientação em relação à estimativa do valor dos volumes dos recipientes utilizados será importante.

Na **Parte C** – "Discutindo com a classe os dados obtidos e possíveis diferenças na composição dos lixos" –, seu papel será de coordenador das atividades que estão sendo propostas para os alunos. É importante estar atento às particularidades de cada turma.

Sugerimos que as **atividades 3** a **8** sejam divididas entre vários grupos. É importante que você estimule seus alunos a apresentarem os resultados de suas investigações de forma original, como uma peça de teatro, uma simulação de um telejornal ou mesmo um seminário bem produzido.

Na **Atividade 3** – "Mudança nos padrões de consumo e de produção de lixo" –, a **Parte A** – "O lixo também tem história" – propõe uma pesquisa com pessoas mais idosas para fazer um levantamento de como era a produção de lixo em épocas passadas.

Estamos propondo que os alunos resgatem a memória relacionada ao padrão de consumo e à produção do lixo. Esse resgate pode proporcionar uma atividade muito interessante, mas para que seja bem-sucedida, é fundamental que você explique os objetivos das perguntas e como realizar a entrevista.

Oriente seus alunos para que estabeleçam uma conversa prazerosa com os entrevistados. Indique a possibilidade de realizarem as entrevistas em grupo e com mais de um entrevistado simultaneamente. Isso facilita a conversa e quebra a formalidade de uma entrevista. Um exercício interessante para apresentar as informações obtidas seria a simulação de um telejornal, com apresentadores, reportagens, etc.

A ideia de trabalhar com entrevistas está relacionada à dimensão histórica das transformações de nossa sociedade. É importante chamar a atenção dos alunos para a modificação dos materiais utilizados no acondicionamento de produtos, novos materiais e alimentos que foram sendo criados ao longo do tempo, e as vantagens e desvantagens dessas novidades.

A **Parte B** – "Praticando o consumo consciente" – propõe uma reflexão do aluno com sua família sobre as formas de diminuir o consumo de embalagens em uma ida ao supermercado. É importante levá-los a perceber que há um limite para as decisões individuais, determinado pela forma como os produtos são comercializados.

Na **Atividade 4** – "Ciclo de vida das embalagens" – o objetivo é trabalhar com a ideia de ciclo de vida de produtos. Essa ideia é fundamentada no desenvolvimento de uma concepção ecológica dos produtos, principalmente por uma área de conhecimento denominada *ecodesign*. O *ecodesign* busca assegurar que a fabricação de um produto envolva o uso racional de energia, de água e de matérias-primas. A contribuição do *ecodesign* é produzir sem destruir, concebendo objetos cotidianos de uso durável tendo um fim assimilável por outros processos da vida. A realização de análises do ciclo de vida dos produtos tem se tornado comum por parte das indústrias e têm por objetivo avaliar de maneira quantitativa os impactos ambientais relacionados a um produto ou serviço desde a sua concepção mercadológica, planejamento, extração e uso de matérias-primas, gasto de energia, transformação industrial, transporte e consumo, até seu destino final.

Nesta atividade será realizada apenas uma análise qualitativa simplificada do ciclo de vida pelos alunos, uma vez que a metodologia para a análise quantitativa é mais complexa, fugindo dos objetivos principais do trabalho.

A elaboração desta atividade considera que os alunos estão inseridos em um contexto urbano. É interessante que você os oriente a escolherem embalagens e produtos consumidos por eles: papel higiênico, embalagens de salgadinhos industrializados, garrafas PET, etc. Os trabalhos em geral vão abranger materiais mais comumente envolvidos em processos de reciclagem: plástico, papel, vidro e metal.

Os alunos devem explicitar os materiais constituintes do produto ou embalagem e aprofundar sua constituição, no nível molecular, suas propriedades e transformações envolvidas no processo de produção. É importante você acompanhar o nível de aprofundamento dos alunos nos temas propostos. Mas sem esquecer, porém, que eles estão no primeiro ano do Ensino Médio. Assim, é preciso considerar que nem sempre as transformações químicas envolvidas serão conhecidas pelos alunos. Esta é uma das funções deste trabalho: apresentar novidades e despertar o interesse por aprofundar conhecimentos.

Além disso, os alunos são solicitados a refletir sobre o descarte dos materiais, considerando o que é possível e o que é feito hoje no Brasil. São estimulados a repensar hábitos de consumo e seguir algumas recomendações para o descarte. Vão também construir o ciclo de vida do produto analisado destacando o caminho de origem e o destino após o uso.

Neste momento, estamos propondo uma atividade que busca articular os materiais, sua constituição e suas transformações, o que é recomendado pelos PCN, e que constitui

a base da metodologia que fundamenta todo o processo de ensino aqui proposto. Esses aspectos aparecem no texto de fundamentação que introduz este Manual do Professor.

No **Texto 3** – "Produção Mais Limpa (P+L)" – apresentamos uma discussão que considera a poluição um desperdício ou resultado da ineficiência dos processos de produção. A Produção Mais Limpa (P+L) surge como oportunidade de conciliar a proteção ambiental com o desenvolvimento econômico gerando atividades sustentáveis. Nas questões o aluno será levado a refletir sobre a metodologia de P+L adotada por um fabricante de papel.

Na **Atividade 5** – "Outros tipos de lixo existentes no ambiente urbano" – vamos ampliar o conhecimento dos alunos com base no que já se discutiu sobre o lixo doméstico, abordando o lixo hospitalar, o comercial e o industrial. Você pode optar por dividir a turma em vários grupos, para que cada um estude a produção e o destino de um tipo específico de lixo. Pode também incluir um estudo sobre lixo nuclear, por exemplo, ou algum outro tipo de lixo, dependendo de seu interesse e de seus objetivos.

Este é um trabalho que envolve a pesquisa, a coleta de informações, a apresentação dos resultados para os colegas. Seria interessante estimular os alunos a usarem a criatividade na apresentação dos trabalhos. Discuta com eles a possibilidade de produzirem vídeos ou procurarem algum vídeo já produzido, organizarem painéis, elaborarem um texto para a montagem de uma pequena peça ou convidarem algum profissional especializado para uma palestra.

Na **Atividade 6** – "Destinos finais do lixo" – é solicitada aos alunos uma visita a um local de destino final do lixo em sua cidade. Como exemplo de um desses locais, apresentamos uma notícia de uma usina de biogás, que gera hidrogênio e metano a partir do lixo doméstico.

A busca de informações em órgãos públicos deve ser muito bem orientada por você. É recomendável que a escola envie uma carta ao órgão em questão, solicitando a visita e explicitando o que se pretende fazer (somente uma visita, uma entrevista, registros fotográficos, consulta de arquivos, obtenção de dados, etc.). Além disso, é importante que os alunos sejam instruídos sobre como se comportar durante a visita e recomendado que portem cartas de apresentação fornecidas pela direção da escola. Se o grupo de alunos for grande, é importante escolher um porta-voz encarregado de estabelecer o contato com a pessoa responsável no local.

Na **Atividade 7** – "Como manter uma cidade limpa" – estamos propondo que os alunos busquem elementos para discutir sobre quais são as atividades necessárias para se manter uma cidade limpa. Esta é uma oportunidade para que os alunos se envolvam com os problemas de sua cidade.

A sugestão inicial envolve uma visita aos órgãos públicos responsáveis pelo serviço de limpeza da cidade. As recomendações para o planejamento da visita são as mesmas já feitas anteriormente. Você poderá optar por trabalhar esse tópico com base em dados publicados em boletins, jornais e revistas. Poderá incluir uma comparação entre os serviços de limpeza urbana de várias cidades. Outra possibilidade seria selecionar um grupo para fazer a visita e socializar com a turma os dados obtidos.

Na **Atividade 8** – "O lixo como fonte de renda" – apresentamos duas alternativas para que os alunos pesquisem esse tema. Uma diz respeito à organização dos catadores de materiais recicláveis e a outra às indústrias de reciclagem de materiais. Sabemos que esse tipo de atividade é comum em grandes cidades. Assim, se você mora em uma cidade pequena, onde não há tal atividade, pode utilizar a internet como fonte de consulta.

Sugestões de atividades adicionais

O texto que incluímos a seguir traz comentários sobre acampamento selvagem, em uma linguagem descontraída. Ele lhe dará uma referência sobre os objetos que podem ser úteis num acampamento do tipo proposto na Atividade 1. Se você quiser, poderá utilizá-lo também para discutir com os alunos as sugestões feitas pela autora do artigo.

> *Sábado, seis e meia da manhã. Um choro manhoso de criança invade o seu sonho. Você vira pro outro lado e, quando já engatou no sono de novo, começa a tocar a música da Xuxa. Com isso, aquele raio de sol cuja presença você estava ignorando passa a ser um incômodo intransponível. Então, com os olhos esbugalhados, às sete horas você levanta, sai da barraca e se esforça para dizer bom dia para a família sonoramente feliz que armou uma barraca gigante bem ao lado da sua, na véspera.*
>
> *Você desencana e se prepara para tomar um café da manhã bucólico, ouvindo os barulhinhos da natureza.*
>
> *Aí você percebe que não vai dar, porque o barulho das parafernálias domésticas urbanas dos seus novos vizinhos é muito mais forte que qualquer piado: aparelhos sonoros, televisão e até frigobar, tudo ligado num gerador campeão de decibéis.*
>
> *Um saco de biscoito sobrevoando o chão é o aviso final: hora de abandonar o conforto do* camping *com água encanada, luz elétrica e banheiro e emburacar no meio do mato.*
>
> *A opção pelo* camping *selvagem é ótima, mas requer preparativos indispensáveis. O equipamento deve ser pequeno, leve e eficiente. Nada de entrar na trilha carregando uma barraca enorme, pesada, e uma bolsa com a alça descosturando. Faça a coisa certa!*

Outros equipamentos e utensílios a levar

A parafernália da bagagem varia de campista para campista, de acordo com seus hábitos e necessidades. Esta lista, portanto, pode aumentar, mas não deve diminuir.

- *sacos de lixo de 60 litros (ou o maior que tiver no supermercado), para abrir e forrar o chão embaixo da barraca, impedindo que a umidade passe para dentro;*
- *jornal, para conservar o calor;*
- *saco de dormir adequado à temperatura do local;*
- *cobertor (se for o caso);*
- *rede de dormir;*
- *alguns metros de corda grossa;*
- *corda de varal;*
- *lanternas;*
- *pilhas;*
- *velas;*
- *fósforos e isqueiros;*
- *fogareiro pequeno;*
- *refis de gás;*
- *panelas;*
- *pastilhas de álcool ou pozinho de magnésio inflamável;*
- *pratos e xícaras leves e inquebráveis;*
- *talheres;*
- *facão;*
- *galão para água;*
- *pastilhas purificadoras de água;*
- *caixinha de costura;*
- *canivete bacana;*
- *e – importante! – repelente contra insetos e caixa de primeiros-socorros.*

O rango

A comida é fácil, desde que seguidas algumas regras lógicas:

***Não levar**: perecíveis, a não ser que sejam comidos no primeiro dia; coisas muito pesadas; líquidos ou gorduras mal embrulhados (imagine que estrago seria um vazamento de margarina ou geleia na mochila).*

***Levar**: macarrão – mesmo que fique "uma gosma", todo mundo come e repete. Além disso, é uma lenda que merece ser cultuada: quem nunca comeu uma "gororoba" numa viagem achando lindo? No supermercado, escolher a embalagem menos volumosa; molho de tomate pronto – pode não ser lá essas coisas, mas na hora da fome é ótimo; arroz – pesa, mas rende muito (o arroz integral alimenta melhor mas demora mais para cozinhar); creme de leite; cubos de caldo industrializado (quem detesta vai ter que carregar suas cebolas e alhos); temperos (sal, pimenta, orégano, etc.); ingredientes para o café da manhã – leite em pó, café solúvel, açúcar, chocolate em pó, pão (nada como um bom pão de fôrma integral!), queijo amarelo, manteiga, geleia, mel (muito bem embrulhados), frutas; para lanches, cereais, bananada, goiabada, castanhas-do-pará, uvas-passas, bananas-passas, etc. (são ótimas fontes energéticas).*

***Menu surpresa**: pescar ou comprar o peixe de um pescador local e preparar à sua maneira.*

Para quem tem acesso a produtos mais high-tech, *vendem-se em lojas de* camping *comidas e temperos desidratados que são muito práticos e gostosos. Só o preço que é um pouquinho salgado.*

Fogo e água

Não faça fogo perto da barraca (lembre-se do poder do vento!) e nunca acenda nada dentro dela. Guarde o fogareiro do lado de fora. Não deixe os fósforos ou o isqueiro em locais úmidos: ficar sem fogo significa ficar sem comer direito.

Quanto à água, também é bom ter muito cuidado. Quando chove os rios enchem, às vezes bem mais do que esperamos. Além disso, é comum a ocorrência de "cabeças-d'água" (verdadeiras "avalanches" de água). Sendo assim, nada de armar a barraca ao lado de um rio ou ficar perto dele quando está chovendo ou mesmo ameaçando chover. Nunca podemos saber o quanto está chovendo montanha acima.

A água para beber é um ponto sem mistério. Não beba a água do local se você não tiver certeza absoluta da sua pureza (só temos certeza de que a água é potável quando sabemos que não há gente entre o local onde colhemos a água e a nascente). Para purificar uma água duvidosa, é preciso, antes de tudo, filtrá-la, o que pode ser feito com uma simples meia, de preferência branca e bem limpinha.

Depois disso, há várias opções. As duas mais fáceis são ferver bem a água ou recorrer às incríveis pastilhas purificadoras, que matam qualquer bichinho invisível em meia hora.

O lixo

Muita atenção neste ponto. O lixo orgânico e o inorgânico terão tratamentos completamente diferentes. Por isso, separe o lixo em sacos diferentes desde o começo.

O lixo orgânico pode ser jogado num buraco de no mínimo um metro de profundidade e enterrado (sem o saco). Quando o material se decompuser, as minhocas e outros animais da terra vão fazer a festa! Este buraco tem que ficar pelo menos 20 metros da barraca.

As necessidades fisiológicas também são enterradas bem distantes (pelo menos 20 metros), tanto da barraca quanto da fonte de água que você vai usar, em buracos fundos. Leve um saquinho de cal e polvilhe por cima, antes e depois de fechar o buraco. Não bote a mão diretamente na cal, pois queima.

Quanto ao lixo inorgânico (latas, garrafas, pilhas, plásticos em geral), não há dúvida: será trazido de volta para a civilização para ser reciclado.

LEMLE, Marina. Na trilha do camping selvagem – Alternatividades. *O Globo*, 6 fev. 1997.

Resolução de atividades e questões

Atividades

A1. Veja na seção anterior ("Sugestões de Atividades Adicionais") um texto que inclui uma lista dos materiais necessários para um acampamento selvagem.

Comentário sobre as atividades A5 e A6: As respostas de A5 e A6 vão depender do tipo de objetos encontrados em cada lixo. Aqui apresentamos apenas alguns possíveis exemplos de resposta.

A5. Exemplo de resposta.

Objetos encontrados	Material de que é feito
caixa de leite	*tetrapak*
garrafa de refrigerante	plástico
garrafa de suco de maracujá	vidro

Quadro MP.13 AtividadeA5.

A6. Exemplo de resposta.

Objeto	Material	Uso	Propriedades e aspectos associados ao uso
garrafa de refrigerante	plástico	recipiente para líquido	impermeabilidade, resistência a choque, passível de moldagem, baixo custo

Quadro MP.14 Atividade A6.

A10. **Comentário**: Os dados utilizados para preencher o quadro a seguir e para resolver as questões propostas na Atividade 2 foram retirados de trabalhos realizados por alunos do Ensino Médio. Portanto, são apenas exemplos e podem variar, dependendo dos hábitos familiares.

Tipo de material	Massa (kg)	Volume (L)	Densidade (kg/L)
papel	1	7	0,14
metal	0,40	3	0,13
vidro	—	—	—
plástico	0,7	6,5	0,11

Quadro MP.15 Atividade A10.

A16. De maneira geral, em cidades grandes a quantidade de lixo produzida por habitante tende a ser maior que em cidades pequenas. Isso acontece porque, em cidades maiores, a oferta de produtos industrializados tende a ser maior e o poder aquisitivo dos moradores também tende a ser mais elevado, o que leva a um maior consumo desses produtos e, consequentemente, a um maior descarte de lixo por habitante.

A17. Veja na seção "Sugestões para a organização do trabalho com os alunos" informações para desenvolver esta atividade.

Comentário sobre a atividade 4: Pesquisa a ser desenvolvida pelos alunos.

A27. Veja na seção "Sugestões para a organização do trabalho com os alunos" informações para desenvolver esta atividade.

Comentário sobre as atividades 6, 7 e 8: Pesquisas a serem desenvolvidas pelos alunos.

Questões

Q1. No exemplo do quadro MP.15, o material menos denso é o plástico. **Comentário:** As garrafas PET e outras embalagens plásticas têm um volume grande preenchido por ar.

Q2.

Tipo de material	Porcentagem em massa $(m_{material} \times 100\%)/m_{total}$	Porcentagem em volume $(V_{material} \times 100\%)/V_{total}$
papel	47%	42%
metal	19%	18%
vidro	—	—
plástico	33%	39%

Quadro MP.16 Porcentagem em massa e em volume de cada tipo de material coletado durante uma semana.

Q3. A coleta foi realizada por sete dias em uma residência com três moradores.

$$\frac{2{,}10 \text{ kg}}{3 \text{ moradores}} = \frac{0{,}7 \text{ kg}}{\text{morador}}$$

Q4. $$\frac{16{,}5 \text{ kg}}{3 \text{ moradores}} = \frac{5{,}5 \text{ L}}{\text{morador}}$$

Q5. A seguir, reproduzimos um comentário feito por um aluno para esta questão: "O que mais consumimos são produtos que já vêm prontos, embalados geralmente em plásticos e papéis, porque são três habitantes e por ser muito mais prático e fácil de fazer".

Q6. Comentário: O objetivo desta questão é estimular uma reflexão sobre "Produção Mais Limpa". Espera-se que o aluno desenvolva pequenos textos comentando sobre cada medida tomada pela empresa e que o professor possibilite uma discussão em aula sobre o assunto.

Q7. e

Q8. d

Q9. a) Com base na análise do gráfico, pode-se concluir que a matéria orgânica existente nos esgotos domésticos, ao iniciar o processo de decomposição aeróbica, provoca a diminuição progressiva da concentração de oxigênio dissolvido na água, causando impacto ambiental sobre o ecossistema. Dessa forma, para minimizar esses impactos e implementar a revitalização do rio São Francisco é necessário tratar os esgotos domésticos antes de serem lançados no rio.

b) Incentivar o replantio de árvores nativas com o objetivo da geração de emprego e renda das populações ribeirinhas e, assim, promover a sustentabilidade de atividades diversificadas. Considerando a diferença entre as temperaturas de ebulição do ouro e do mercúrio, é possível separar o mercúrio do ouro por meio da destilação simples, e reutilizá-lo.

Q10. b

Q11. a

Q12. d

Q13. a

Q14. d

Sugestões de leitura para formação do professor

- AZEVEDO, E. B. Poluição vs. tratamento de água: duas faces da mesma moeda. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 10, nov. 1999. p. 21-5. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/quimsoc.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

Este artigo discute a poluição do meio ambiente e, mais especificamente, a das águas. Apresenta as várias formas de poluição que afetam as nossas reservas de água, exemplos de minimização de rejeitos e uma síntese das tecnologias disponíveis para o tratamento de efluentes.

- CANGEMI, J. M.; SANTOS, A. M.; CLARO NETO, S. Biodegradação: uma alternativa para minimizar os impactos decorrentes dos resíduos plásticos. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 22, nov. 2005. p. 17-21. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc22/a03.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

O artigo aborda uma proposta promissora para minimizar os impactos ambientais dos materiais plásticos: são os plásticos biodegradáveis, que, ao contrário dos sintéticos derivados do petróleo, sofrem biodegradação com relativa facilidade, se integrando totalmente à natureza.

- CANTO, E. L. *Plásticos*: bem supérfluo ou mal necessário? São Paulo: Moderna, 2010.

Este livro tem como proposta colocar o leitor em contato com informações sobre este material densamente presente em nossa cultura, o qual se confunde ora para o bem (às vezes supérfluo), ora para o mal.

- DIAS, G. F. *Educação ambiental*: princípios e práticas. São Paulo: Gaia, 2004.

Este livro reúne informações conceituais sobre educação ambiental. O autor apresenta um histórico do desenvolvimento desta área e sugere mais de cem atividades para sua prática. Apresenta sugestões de diferentes formas interessantes de ação individual e comunitária, que possibilitam um exercício de cidadania, visando uma melhor qualidade de vida.

- FADINI, P. S.; FADINI, A. A. B. Lixo: desafios e compromissos. *Química Nova na Escola.* São Paulo: SBQ, cadernos temáticos, Química Ambiental, n. 1, 2001. p. 9-18. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/lixo.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

O artigo aborda a questão dos resíduos gerados no ambiente urbano. Aponta que a solução para tal questão deve ser fruto também do empenho de cada cidadão.

- GADOTTI, M. *Pedagogia da Terra*. São Paulo: Peirópolis, 2000.

Este livro apresenta a Terra vista como uma única comunidade, afim de reorientar a prática pedagógica. Oferece exemplos concretos de experiências, questões para reflexão e aprofundamento dos temas: transdisciplinaridade, sustentabilidade, virtualidade, cidadania planetária, ética, globalização, mundialização.

- GRASSI, M. T. As águas do Planeta Terra. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, cadernos temáticos, Química Ambiental, n. 1, 2001. p. 31-40. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/aguas.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

Neste artigo é tratada a importância da água (suas propriedades, distribuição, formas de uso, etc.) para a sobrevivência do homem e de toda a biota terrestre.

- GUIMARÃES, J. R.; NOUR, E. A. A. Tratando nossos esgotos: processos que imitam a natureza. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, cadernos temáticos, Química Ambiental, n. 1, 2001. p. 19-30. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/esgotos.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

O artigo apresenta a situação atual de tratamento de águas residuárias no Brasil, bem como os principais processos de tratamento. São discutidos os processos físico-químicos e biológicos e apresentadas as principais reações de transformação da matéria orgânica. Também são descritas as mais importantes variáveis de interesse sanitário e ambiental, bem como a legislação federal para classificação das águas.

- GUIMARÃES, P. I. C. et al. Extraindo óleos essenciais de plantas. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 11, 2000. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc11/v11a10.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

O artigo apresenta um experimento de extração de essências de plantas utilizando a destilação por arraste a vapor, a partir de materiais acessíveis.

- KONDO, M. M.; ROSA, V. A. M. Protótipo de reator anaeróbico: tratamento de esgoto doméstico nas escolas. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 26, nov. 2007. p. 33-6. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc26/v26a09.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

O artigo relata a construção de um protótipo de uma estação de tratamento de esgoto (ETE), a partir de materiais recicláveis. Esse modelo consiste em um reator anaeróbio de fluxo ascendente.

- MENEZES, M. G. et al. Lixo, cidadania e ensino: entrelaçando caminhos. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 22, nov. 2005. p. 38-41. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc22/a08.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

Este artigo relata um trabalho desenvolvido em sala de aula com alunos da 8ª série (9º ano) do Ensino Fundamental sobre os aspectos sociocientíficos do lixo e descreve a análise das concepções dos alunos antes e depois do desenvolvimento das atividades.

- NASCIMENTO, R. M. M. et al. Embalagem cartonada longa vida: lixo ou luxo? *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 25, maio 2007. p. 3-7. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc25/qs01.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

Neste artigo, são discutidos a constituição das embalagens cartonadas e o seu reaproveitamento visando a um ciclo de vida com menor impacto no ambiente.

- OLIVEIRA, R. S.; GOMES, E. S.; AFONSO, J. C. O lixo eletroeletrônico: Uma abordagem para o Ensino Fundamental e Médio. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, v. 32, n. 4, nov. 2010. p. 240-248. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32_4/06-RSA10109.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2013.

O artigo aborda a questão da gestão do lixo eletroeletrônico a partir do desmonte de equipamentos usados. É importante para a formação de professores conscientes do que significa o lixo eletrônico e qual deve ser o seu destino.

- PREDEBON, F.; DEL PINO, J. C. Uma análise evolutiva de modelos didáticos associados às concepções didáticas de futuros professores de Química envolvidos em um processo de intervenção formativa. *Investigações em Ensino de Ciências,* vol. 14, n. 2, pp. 237-254, 2009. Disponível em: <www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID216/v14_n2_a2009.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2013.

O artigo identifica as evoluções dos modelos didáticos associados às concepções didáticas de futuros professores de Química, por meio da análise das unidades didáticas construídas durante uma disciplina de "Prática de Ensino de Química I". São apresentados diferentes modelos didáticos, o que torna o artigo relevante para os professores de Química, na medida em que podem ajudá-los a identificar em qual modelo se situam.

- RIBEIRO, H. e BESEN, G. R. Panorama da coleta seletiva no Brasil: desafios e perspectivas a partir de três estudos de caso. *©INTERFACEHS – Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente,* v. 2, n. 4, artigo 1, ago 2007. Disponível em: <www.revistas.sp.senac.br/index.php/ITF/article/viewFile/138/166>. Acesso em: 10 jan. 2013

O artigo apresenta um panorama de programas de coleta seletiva em alguns municípios brasileiros. Esses dados atualizados dão uma dimensão real do problema no nosso país.

- RODRIGUES, F. L.; CAVINATO, V. M. *Lixo*: de onde vem? Para onde vai? São Paulo: Moderna, 2003.

- SANCHES, S. M. et al. A importância da compostagem para a educação ambiental nas escolas. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 23, maio 2006. p. 10-3. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc23/a03.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

O artigo apresenta um projeto de implantação de um processo de compostagem para minimizar o lixo gerado no restaurante de uma escola.

- SCARLATO, F. C.; PONTIN, J. A. *Do nicho ao lixo:* ambiente, sociedade e educação. São Paulo: Atual, 1993.

O livro apresenta uma discussão sobre vários problemas ambientais – aquecimento global, chuva ácida, inversão térmica, camada de ozônio, efeito estufa, aterros sanitários, desmatamentos – e discute a possibilidade de gerenciamento correto do processo de evolução técnica, econômica e social que tantas modificações impõe à vida do planeta.

- SPERLING, M. von. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*: princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 1996, v. 1. p. 243.

O livro apresenta informações técnicas sobre a qualidade de águas e tratamento de esgotos.

Sugestões de páginas na internet

<**www.rebea.org.br**>

Na página da Rede Brasileira de Educação Ambiental (Rebea) você vai encontrar um material muito rico para consulta. Documentos, *links* para outras páginas e a possibilidade de acessar a *Revista Brasileira de Educação Ambiental* (Revbea). Acesso em: 25 abr. 2012.

<**www.cempre.org.br**>

A página do Cempre, associação sem fins lucrativos, é voltada para a reciclagem e conscientização sobre o lixo. Nela você vai encontrar fichas técnicas sobre 12 tipos de materiais recicláveis: papel de escritório, vidro, pneus, PET, plástico, filme, etc.

Cada ficha é composta por itens como: "O mercado para reciclagem", "Quanto é reciclado", "História do material", "Limitações", "Informações importantes", "Conhecendo o material". Você também terá acesso a publicações produzidas pelo Cempre. Vai encontrar o Cempre Informa, jornal eletrônico bimestral sobre a associação e notícias relacionadas ao trabalho de reciclagem e gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo edições anteriores. No Ciclosoft você poderá acessar um banco de dados sobre a coleta seletiva de 16 cidades brasileiras com dados/informações sobre composição do lixo, custos de operação, erros, acertos, etc. Acesso em: 25 abr. 2012.

<**www.akatu.org.br**>

Nesta página do Instituto Akatu, há uma série de informações sobre desperdício e soluções para esse problema. Acesso em: 25 abr. 2012.

Sugestões de vídeos

"Gestão sustentável do lixo urbano"

Este vídeo do Cempre apresenta um painel atualizado e abrangente sobre a questão do lixo. A associação promove a gestão sustentável do lixo urbano e fomenta a inclusão dos catadores no processo da reciclagem. Após mais de uma dé-

cada de atividades, o Cempre constata que o Brasil tem conseguido avanços positivos nesta área.

Para mais informações, acesse: <www.cempre.org.br/manuais.php>. Acesso em: 25 abr. 2012.

Videoteca do Ministério do Meio Ambiente do Governo Federal Brasileiro

<www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=16&idConteudo=5324&idMenu=4728>

Possui mais de cem filmes cadastrados sobre diversos assuntos ligados ao meio ambiente, como "A educação pela água", "Água: elemento vital", "Os usuários da Mata Atlântica", "Vira plástico", etc. Muitos desses filmes podem ser baixados do *site*. Acesso em: 25 abr. 2012.

Porta Curtas Petrobrás e Curta na escola

<www.portacurtas.com.br>

<www.curtanaescola.com.br>

Nestes *sites* você encontra uma série de vídeos sobre temas diversos, entre eles o lixo. Você também pode se informar sobre os vídeos do projeto "Curta na escola". Acesso em: 25 abr. 2012.

"Ilhas das Flores"

<www.portacurtas.com.br/pop_160.asp?Cod=647&Exib=1>

O vídeo apresenta a trajetória de um tomate, desde a plantação até ser jogado fora. No vídeo é colocado em discussão o processo de geração de riqueza e as desigualdades que surgem no meio do caminho. Acesso em: 25 abr. 2012.

"Coleta de lixo urbano em Barcelona"

<https://www.youtube.com/watch?v=rBJ3QrI4V60>

O vídeo apresenta uma reportagem sobre o sistema de coleta de lixo em Barcelona. Acesso em: 10 jan. 2013.

Capítulo 5 — Um modelo para os estados físicos dos materiais

Professor

Aqui começam as orientações para o Capítulo 5 (p. 114 a p. 149).

Objetivos do capítulo

Este capítulo trata de um assunto que, em geral, não é abordado explicitamente em livros de Química do Ensino Médio. Justificamos sua inclusão no livro tendo em vista a importância da construção de um modelo que possibilite ao estudante articular fenômenos com uma base explicativa relativamente simples, mas útil.

Interessa-nos possibilitar a elaboração de um modelo de partículas para explicar os estados físicos e as transformações dos materiais, particularmente as mudanças de estado e dissoluções. A importância de ensinar um modelo de partículas é que ele possui a estrutura básica comum a todos os modelos mais sofisticados da Química, mas pode ser elaborado a partir de ideias intuitivas dos alunos. Além disso, algumas características de um modelo cinético-molecular, que a discussão deste capítulo permite evidenciar, não são óbvias para estudantes que aprenderam modelos mais sofisticados – inclusive o modelo atual. Essas características incluem: entre as partículas de matéria existe espaço vazio; as partículas possuem um movimento intrínseco; as partículas são de dimensões infinitamente pequenas; as partículas não possuem todas as propriedades que podemos atribuir às substâncias; as partículas não se dilatam, não se fundem, etc.

Nossa proposta para este capítulo baseia-se no fato de que a aprendizagem de Ciências em sala de aula pode ser descrita como uma mudança do perfil conceitual do estudante, cujo novo perfil inclui também, mas não exclusivamente, as novas ideias científicas. Já discutimos essa noção de perfil conceitual no texto inicial deste manual. É importante que você tenha compreendido o que dissemos para avançar e aproveitar ao máximo o potencial das atividades propostas.

Sugestões para a organização do trabalho com os alunos

Para organizar o trabalho com os alunos neste capítulo, é importante que você tenha claro que o estabelecimento da estratégia de ensino proposta tem relação com várias consequências da noção de perfil conceitual para o ensino.

É muito importante que você negocie com os alunos uma agenda de trabalhos em que fique explícito o papel que você espera que eles desempenhem. Como as atividades têm o objetivo de explicitar seus "modelos" para as diversas situações, é importante que fique claro que eles não devem ter medo de errar, que devem falar o que pensam e não o que os colegas pensam (os alunos não devem "colar" os modelos propostos pelos colegas). Além disso, deve ficar claro que toda ideia deve ser explicitada por meio de argumentos coerentes, que levem em consideração as evidências empíricas presentes nos fenômenos estudados. Essa conversa inicial com a turma é essencial para garantir o sucesso das atividades a serem desenvolvidas no capítulo.

Neste capítulo, nossa sugestão é que você siga alguns passos buscando explicitar os modelos dos alunos e promover um diálogo com o conhecimento científico.

ETAPA 1 – AQUISIÇÃO DO CONCEITO CIENTÍFICO

1ª fase – Exposição e reconhecimento das ideias dos estudantes

A ideia nesta fase é explicitar a visão dos estudantes e ter acesso a suas concepções prévias. Para isso, sugerimos

que você inicie o capítulo aplicando um pré-teste. Um modelo é apresentado na seção "Sugestão de atividade adicional", mais adiante.

Nesse teste, é conveniente escolher fenômenos nos quais o material sofra algum tipo de transformação, como dilatação, compressão, mudança de estado físico, etc., e que possam ser manipulados pelos próprios estudantes, no laboratório ou no seu dia a dia. Se o estudante é requisitado a desenhar modelos para um sistema antes e depois de algum tipo de transformação, ele pode ser estimulado a usar um atomismo intuitivo, que é uma ideia alternativa ao atomismo científico e pode conter alguns obstáculos à construção do conceito científico. Acreditamos que o recurso "antes" e "depois" da transformação é o expediente mais conveniente para revelar esses obstáculos, que deverão ser discutidos no processo de ensino.

Além disso, uma análise do perfil conceitual do átomo sugere que é mais conveniente solicitar aos estudantes que representem as transformações por modelos do que lhes pedir que imaginem o que pode estar acontecendo "dentro do material", ou para que desenhem como seria o material se ele fosse visto através de poderosas lentes de aumento. Essas últimas perguntas podem conduzir o estudante a uma resposta realista ou sensorialista, baseada em características externas do material, uma vez que a ação sugerida (ver, imaginar por dentro) não nos parece adequada para lidar com modelos construídos. Se estamos preocupados em levar o estudante a construir uma nova área de seu perfil, diferente da sensorialista e realista, temos que ser cuidadosos, evitando o reforço dessas características no seu pensamento. A visão sensorialista e realista, implícita em tarefas como "desenhar como seria o material se ele fosse visto com poderosas lentes de aumento" e "imaginar o que está acontecendo dentro do material", poderia levar os alunos a raciocinar usando apenas essas características externas, descartando aquelas de um modelo atomista intuitivo.

É necessário assinalar que, ao mesmo tempo em que temos por objetivo suscitar as "intuições atomísticas" dos estudantes, utilizando fenômenos que envolvem uma transformação do material no tempo, queremos ultrapassar os componentes realistas e sensorialistas presentes nessa intuição.

Após realizar o pré-teste, você pode agrupar os modelos elaborados pelos estudantes que tenham características semelhantes. Isso possibilita revelar aspectos relacionados às diversas regiões do perfil conceitual.

2ª fase – Seleção do modelo mais adequado pelos grupos de estudantes

Nesta segunda fase sugerimos que você utilize o conjunto de atividades propostas para ajudar os estudantes a construir e generalizar a nova área do perfil, bem como a tomar consciência de seu próprio perfil. Estamos interessados em construir um modelo de explicação baseado em características internas a um sistema e que pode ser generalizado para explicar o comportamento de qualquer material. Os estudantes, por sua vez, tendem a superestimar a aparente diversidade de modelos e descrições que as características externas dos materiais sugerem. Para transpor esse obstáculo, a primeira tarefa é ajudar os estudantes a reconhecer similaridades na diversidade aparente: eles devem reconhecer que características são comuns aos modelos aparentemente diferentes que eles desenharam.

Sugerimos que você selecione, dentre os modelos desenhados no pré-teste, aqueles que são mais representativos de um conjunto de ideias. Para cada fenômeno, distribua os desenhos e explicações que selecionou como representativos dos diversos modelos apresentados por toda a classe. A primeira tarefa do estudante é reconhecer seu próprio desenho num daqueles mostrados por você, ou como mais próximo a um deles. Essa tarefa ajuda os alunos a melhorarem suas explicações (mesmo que essas não sejam corretas do ponto de vista científico) e a se tornarem conscientes de suas concepções, bem como a sensibilizar o professor para a diversidade dos modelos e para os obstáculos que eles encerram. Ao trabalharmos com a noção de perfil conceitual, que pressupõe a convivência crítica mas pacífica de diferentes concepções, podemos aumentar o *status* tanto das concepções científicas como das concepções prévias.

Esta fase deve ser realizada em grupos e tem como objetivo levar o grupo a chegar a um consenso sobre qual o modelo mais adequado para explicar cada fenômeno (regra que deve ficar clara desde o início da atividade).

3ª fase – Seleção do modelo mais adequado por toda a classe

A terceira fase neste processo é a discussão geral com toda a classe, em que cada grupo expõe e explica as conclusões alcançadas, que são, então, discutidas com você também. Nesse processo, você deve tentar dar suporte à ideia científica que está sendo introduzida usando novas evidências.

Em nossas salas de aula, a discussão geral do primeiro fenômeno é, habitualmente, a mais difícil e longa, uma vez que os estudantes costumam resistir a aceitar algumas características da nova ideia. Seu papel é fazer referências claras aos obstáculos que podem estar implícitos nessa dificuldade, mesmo que seja apenas para torná-los mais explícitos, já que parece ser difícil ultrapassá-los apenas com a discussão de um único fenômeno. Os principais obstáculos, que parecem recorrentes, pois sempre surgem nas diferentes classes que investigamos, são:

- A resistência a aceitar a existência de vazio entre as partículas, que aparece logo no primeiro fenômeno (compressão do ar na seringa, na Atividade 2) e deve ser então discutida. Uma boa estratégia para fazer emergir esse

obstáculo é perguntar aos alunos, no caso dos modelos que eles desenharam e que apresentam partículas, o que há entre elas.

- A ideia de que as próprias partículas se dilatam quando aquecidas. Esse obstáculo normalmente aparece na discussão do terceiro fenômeno (aquecimento de um erlenmeyer com um balão de látex na boca desse frasco, ainda na Atividade 2).
- As partículas podem se concentrar numa parte do balão submetida ao aquecimento. Essa ideia baseia-se em um conceito já aprendido, de que "o ar quente sobe".

Você pode, ao mesmo tempo, tentar alcançar um consenso da classe no assunto em discussão. Nesse processo, tente buscar novos argumentos e evidências que ajudem os estudantes a ultrapassarem os obstáculos.

Não é possível prever e planejar essas discussões por completo, já que o seu nível de abertura dificulta uma previsão antecipada de quais argumentos vão ser decisivos. A análise que fizemos do perfil conceitual e dos obstáculos contidos em cada zona do perfil, no entanto, nos ajudou de maneira valiosa nesse processo de planejamento, pois permitiu prever os obstáculos que provavelmente apareceriam nas discussões, que listamos anteriormente, e preparar argumentos e contra-argumentos em relação a esses aspectos. O tipo de argumentação que os estudantes usam para defender suas ideias pode, contudo, variar bastante e isso torna o processo aberto e criativo, dependente das suas decisões durante o desenvolvimento da aula.

Após a turma terminar a discussão de todos os fenômenos envolvendo os gases, é interessante que você discuta as características de um modelo geral aplicável a todos os gases. O mesmo pode ser feito, posteriormente, em relação aos líquidos e sólidos.

Esse conjunto de atividades corresponde à primeira etapa no processo de ensino, que definimos como a aquisição do conceito numa área específica de seu perfil.

ETAPA 2 – TOMADA DE CONSCIÊNCIA DO PRÓPRIO PERFIL

Há também neste processo uma segunda etapa correspondente à tomada de consciência, pelos estudantes, de seu próprio perfil conceitual, o que permite a comparação entre diferentes aspectos do conceito e a avaliação do poder relativo de explicação de cada área do perfil. Vale ressaltar que esse processo de tomada de consciência está presente também na etapa anterior, uma vez que, à medida que o estudante tenta clarear suas concepções, ele aumenta a consciência em relação a seus aspectos. Como na primeira etapa, porém, as ideias ainda estão em evolução, não é conveniente um processo deliberado de tomada de consciência do perfil.

Esta segunda etapa inclui atividades que preveem a generalização do conceito atomista recém-construído a novos fenômenos, além da dissolução. Inclui também o uso do novo conceito de estados físicos dos materiais, baseado nessa concepção atomista, na análise das outras noções mais elementares de estados físicos.

Segundo as concepções que fazem parte dessa zona mais elementar, nuvens, neblinas e outras suspensões são consideradas exemplos de gases. Esses velhos conceitos podem emergir na primeira aula, quando o professor solicita aos estudantes que classifiquem um conjunto de materiais como sólidos, líquidos ou gasosos e explicitem o critério usado em cada classificação.

Outra concepção que sempre aparece nessa discussão é aquela que relaciona os estados físicos ao volume e à forma dos materiais. Essa concepção, aprendida em anos anteriores, explicita que os sólidos têm forma e volume constante, os líquidos têm volume constante, mas assumem a forma do recipiente que os contém, e os gases têm forma e volume variáveis. Apesar de "melhor" do que a concepção baseada nas impressões sensoriais (sólidos são duros, líquidos escorrem, etc.), ela ainda não é suficiente para esclarecer por que as nuvens não são exemplos de gases, mas de uma suspensão de gotículas de água no ar. Afinal, as nuvens não têm volume e forma definidos. As concepções de sólido, líquido e gás, reveladas na atividade 1, não precisam ser discutidas naquele momento, mas apenas no fim do processo de ensino, como parte das estratégias para a tomada de consciência, pelos estudantes, de seu próprio perfil.

A seguir apresentamos um sumário dessas etapas, indicando os objetivos de cada aula, bem como o tipo de atividade realizada para alcançar esses objetivos (discussão em grupo, da classe ou exposição do professor).

Sumário das atividades e das etapas

ETAPA 1 – AQUISIÇÃO DO CONCEITO CIENTÍFICO

1ª fase – Exposição e reconhecimento das ideias dos estudantes

1. Realização do pré-teste

Inicie o capítulo com a aplicação do pré-teste para toda a turma (ele deve ser feito individualmente). É importante discutir antes com os alunos o que é um modelo. Após a realização do teste, examine cada um e agrupe-os conforme as concepções prévias dos alunos que apresentem semelhanças. Na segunda fase, você irá sugerir que os alunos elejam, com base em alguns modelos, os que melhor representam um grupo de ideias comuns.

2. Atividade 1 – Classificando os materiais em sólidos, líquidos ou gasosos

O objetivo aqui é fazer com que os alunos elaborem critérios gerais para classificar os materiais e identifiquem o critério usado na classificação. A atividade deve ser realizada em pequenos grupos, em sala de aula. Os resultados des-

sa atividade não serão discutidos nesse momento, apenas ao final do capítulo.

2ª fase – Seleção do modelo mais adequado pelos grupos de estudantes

3. Seleção do modelo mais adequado pelos grupos de estudantes

Nesta fase, cada grupo receberá um conjunto de modelos selecionados no pré-teste para escolher o mais adequado deles para explicar:

3.1. compressão do ar numa seringa tampada;

3.2. vácuo num kitasato conectado a uma seringa grande;

3.3. dilatação do ar submetido ao aquecimento num erlenmeyer com um balão na boca;

3.4. espalhamento do gás na cozinha à medida que escapa do botijão.

3ª fase – Seleção do modelo mais adequado por toda a turma

4. Atividade 2 – Construindo um modelo para os materiais gasosos

Após a discussão que será realizada em pequenos grupos, você conduzirá uma discussão geral com toda a turma.

4.1. identificação das características de cada modelo desenhado pelos estudantes, com a participação de toda a classe;

4.2. discussão em grupo para a escolha do melhor modelo;

4.3. discussão com toda a classe para a escolha do melhor modelo.

5. Recapitulação e generalização das características de um modelo para gases

5.1. Como o modelo explica compressão, dilatação, vácuo e difusão (discussão em grupo e com toda a classe).

5.2. Como o modelo explica temperatura e pressão dos gases (exposição do professor e discussão em classe).

ETAPA 2 – TOMADA DE CONSCIÊNCIA DO PRÓPRIO PERFIL

6. Atividade 3 – De que tamanho são as partículas?

7. Texto 1 – A construção de um modelo para os materiais a partir do comportamento de gases

Por meio da leitura deste texto os alunos refletirão sobre as experiências realizadas e proporão um modelo geral para o estado gasoso. O texto serve para consolidar os modelos que foram objeto de discussão na etapa 1.

8. Atividade 4 – Construindo um modelo para sólidos e líquidos

9. Generalização do modelo atomístico a líquidos e sólidos

Os estudantes devem discutir e propor modelos para explicar:

9.1. dilatação do álcool (ou mercúrio) da coluna de um termômetro pelo aquecimento com as mãos;

9.2. fusão e ebulição de cânfora num tubo de ensaio.

Planejamento de duas etapas para a discussão desses fenômenos: discussão em grupo e da classe como um todo.

10. Atividade 5 – Usando o modelo de partículas para explicar a solubilidade

10.1 Generalização do modelo atomista a novos fenômenos:

a) dissolução espontânea do sulfato de cobre em água;

b) ausência de dissolução espontânea do sulfato de cobre em aguarrás.

10.2 Planejamento de duas etapas para a discussão desses fenômenos:

a) discussão em grupo para explicar o fenômeno baseado no modelo atomista;

b) discussão em classe para escolher a melhor explicação.

11. Texto 2 – Estados físicos dos materiais e o modelo de partículas

Neste texto serão recapituladas e generalizadas as características do modelo atomístico para sólidos, líquidos e gases. O texto sugere uma tomada de consciência do perfil ao propor como cada zona do perfil conceitual pode ser usada para explicar algumas propriedades. No entanto apenas com o modelo de partículas se tem uma explicação mais completa. As questões para discussão retomam os critérios sensorial, de forma e volume e o modelo de partículas, além de estabelecer relações entre os critérios e os fenômenos.

12. Texto 3 – Ampliando a classificação dos materiais: coloides

O Texto 3 mostra que a classificação dos materiais em sólidos, líquidos ou gases se aplica a substâncias puras e a soluções. Alguns materiais podem ser constituídos por suspensões e sua classificação muda em função disso. O texto explora as suspensões coloidais e suas várias aplicações cotidianas, promovendo assim uma ampliação do perfil conceitual dos alunos.

13. Texto 4 – Aplicação do modelo de partículas aos sólidos e líquidos

O Texto 4 discute as características que as questões para discussão do Texto 2 tinham deixado em aberto em relação aos sólidos e líquidos.

14. Texto 5 – Pressão, densidade, dissolução e o modelo de partículas

O Texto 5 apresenta uma generalização do modelo de partículas para entender a densidade e a dissolução dos materiais. O texto retoma a dissolução do sulfato de cobre em água, mas não em aguarrás, para tratar da dissolução considerando as interações soluto-soluto, solvente-solven-

te e solvente-soluto. Promove a ampliação do perfil conceitual com a inclusão de novos aspectos ligados à solubilidade e à densidade.

15. Texto 6 – Como funciona um mostrador de relógio digital?

O Texto 6 apresenta uma aplicação do conhecimento sobre o modelo de partículas na análise dos mostradores de um relógio digital.

Sugestão de atividade adicional

Para o pré-teste sugerido no desenvolvimento da etapa 1, reproduza as figuras a seguir. Se possível, demonstre as experiências na sala e solicite aos alunos que proponham modelos para o ar (nos três primeiros casos) e para o gás do botijão (no quarto caso) antes e depois da transformação.

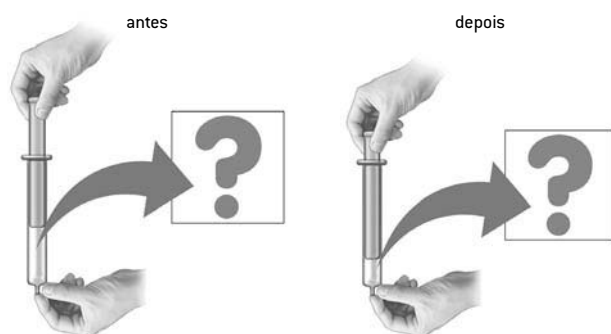



Figura MP.10 a) Seringa antes de o ar em seu interior ser comprimido; b) Seringa após o ar em seu interior ser comprimido. Como podemos representar, em cada situação, o ar no interior da seringa?

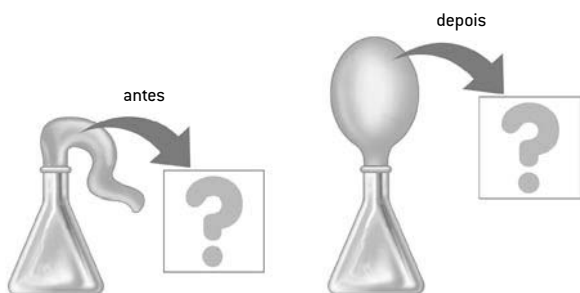



Figura MP.11 a) Balão antes do aquecimento do ar em seu interior; b) Balão depois do aquecimento. Como podemos representar, em cada situação, o ar no interior do erlenmeyer e do balão?

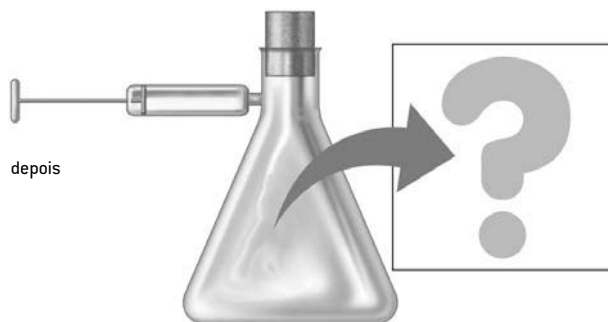
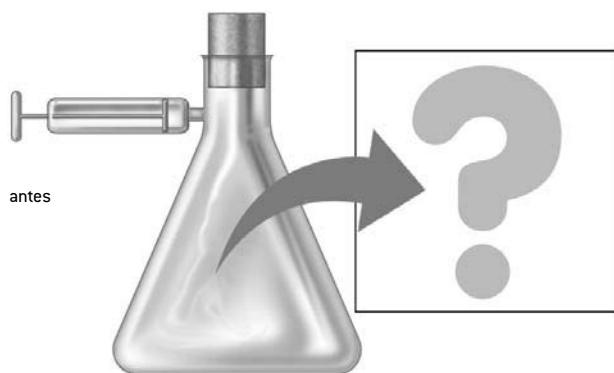



Figura MP.12 a) Kitasato antes da experiência; b) Kitasato depois da experiência. Como podemos representar, em cada situação, o ar no interior do frasco?

Figura MP.13 O gás se espalha pelo ar na cozinha.

Resolução de atividades, exercícios e questões

Atividades

Comentário sobre a Atividade 1: Não se espera que, necessariamente, os alunos saibam responder e/ou justificar corretamente as questões levantadas nesta atividade. A discussão que os ajudará a compreender as ideias científicas envolvidas deverá ocorrer ao longo da atividade e do capítulo.

A1. A definição é livre; geralmente, os estudantes associam propriedades como: o sólido é duro; o líquido é mole, escorregadio, molhado; o gás não pode ser apalpado, etc.

A2. Os critérios escolhidos devem servir para classificar qualquer material. Nesse momento, geralmente, os estudantes não conseguem definir tais critérios. Os mais usados são: duro para sólidos, mole para líquidos, ou aqueles que se relacionam com a forma constante ou não e volume definido ou não. Ao fazer a classificação dos materiais e objetos da atividade A4, usando esses critérios, os problemas começam a aparecer e a discussão se desencadeia. Será que esses critérios são adequados para classificar qualquer material? Será que não precisamos encontrar critérios que sejam mais gerais? Daí surge a necessidade de discutir critérios que se relacionem com movimento das partículas, distância entre partículas e organização.

A3 e A4. Exemplo de resposta:

Materiais ou objetos	Critério(s) para a classificação
Sólidos: açúcar, algodão, bloco de madeira, esponja de aço para limpeza, farinha, giz, limalha de ferro, massa de modelar, moeda, mola, parafuso de ferro, plástico para encapar cadernos, tecido de algodão, serragem.	São duros, têm forma própria, são consistentes, têm volume constante.
Líquidos: água, gasolina.	Escorrem, não têm forma própria, dependem do recipiente.
Gasosos: ar, bolhas que desprendem de um refrigerante, gás de cozinha.	Não têm forma nem volume constantes, espalham-se com facilidade, não se podem pegar.
Outra classificação: banha, barra de chocolate, iogurte, mel, neblina, nuvem, vidro, xampu.	Não se encaixam bem nas outras classificações, classificação duvidosa.

Quadro MP.17 Atividades A3 e A4.

Comentário: Nesse momento, pode aparecer a dificuldade em classificar os materiais usando os critérios anteriormente citados. São comuns dúvidas como: O tecido de algodão é sólido mesmo? De acordo com o critério de que os sólidos são duros e possuem forma definida, ele não poderia ser classificado como sólido. A discussão é bastante rica e desperta nos estudantes a necessidade de discutir um pouco mais os modelos para os sólidos, líquidos e gases, antes considerados por eles bastante consolidados. Não é aconselhável a correção do quadro nesse momento, pois no decorrer da atividade os estudantes encontrarão outros critérios mais adequados à maioria dos materiais e terão oportunidade de voltar a esta atividade para comparar os novos critérios com os critérios anteriores.

A5. O êmbolo pode ser empurrado somente até certo ponto.

A6. O êmbolo volta rapidamente.

A7. O balão enche um pouco.

A8. O modelo que explica o comportamento dos gases considera que, nesse estado físico, as partículas se movimentam muito no espaço vazio, que há pouca interação entre as partículas e alta propensão à compressão e à expansão. Sendo assim, ao escaparem do botijão, a tendência é que elas ocupem o espaço que estiver disponível, espalhando-se com facilidade.

A9. O material que estava líquido dentro do botijão, em contato com o ar atmosférico, passa para o estado gasoso. Logo após a abertura da válvula, as partículas que constituem o gás começam a sair do botijão se espalhando pelo ar em volta dele. Com o tempo, essas partículas se espalham pelo ambiente todo, por exemplo, a cozinha, e depois para fora dela. Isso ocorre porque, no estado gasoso, as partículas do material possuem energia cinética e praticamente não interagem entre si, o que as mantém desorganizadas e com muita liberdade de movimento, propiciando que ocupem todo o espaço disponível.

A10. Comentário: Espera-se que a reformulação dos modelos, feita pelos alunos, já incorpore as discussões realizadas.

A11. Com o aumento da temperatura ambiente, as partículas passam a ter mais energia cinética, ou seja, elas passam a se movimentar mais, promovendo o espalhamento mais rápido do gás pelo ambiente.

A12. a)

Solução	Volume final (mL)	Massa de $KMnO_4$ (g)	Intensidade de cor
1	50	0,005	intensa
2	50	0,0005	menos intensa que a solução 1
3	50	0,00005	menos intensa que a solução 2

Quadro MP.18 Atividade A12.

b) A solução 3 contém 0,00005 g de $KMnO_4$ dissolvidos em 50 mL de solução, logo 1 mL da solução conterá 0,000001 g de $KMnO_4$.

c) Se em 0,005 g de $KMnO_4$ há $1,9 \cdot 10^{19}$ partículas, então em 0,000001 g de $KMnO_4$ há x partículas, ou seja:

0,005 g de $KMnO_4 \Leftrightarrow 1,9 \cdot 10^{19}$ partículas

0,000001 g de $KMnO_4 \Leftrightarrow x$ partículas

então: $x = 3,8 \times 10^{15}$ partículas.

d) O resultado obtido no item c indica que 0,000001 g de $KMnO_4$ contém $3,8 \cdot 10^{15}$ partículas de $KMnO_4$, ou seja, 3 800 000 000 000 000 de partículas. Isso nos leva a concluir que essas partículas são extremamente pequenas.

A13. A coluna do líquido sobe.

A14. Como há transferência de calor da mão para o termômetro, as partículas do líquido se movimentam mais, afastando-se umas das outras e passando a ocupar um espaço maior; por isso, a coluna de líquido sobe.

A15. Comentários:

1. Não se espera que, necessariamente, os alunos consigam sugerir um modelo que esteja de acordo com o modelo considerado cientificamente correto. A discussão que os ajudará a compreender as ideias científicas envolvidas deverá ocorrer ao longo da atividade.
2. O modelo que será apresentado como cientificamente correto deve apresentar partículas desorganizadas e um pouco afastadas umas das outras antes de segurar o bulbo. Depois, as partículas se afastam mais umas das outras e ocupam um espaço maior no capilar do termômetro. A quantidade de partículas deve ser a mesma, considerando que a massa não se altera.
3. Alguns grupos de estudantes podem representar a coluna de líquido como um contínuo colorido, sem, no entanto, representar as partículas. Essa representação é uma manifestação da ideia de continuidade da matéria (não aceitação do espaço vazio), principalmente nesse exemplo, em que o material pode ser visualizado. Deve-se voltar à discussão anterior, em que o modelo escolhido para representar as partículas dos materiais deve representá-las por pontos e ilustrar todas as observações relacionadas com massa, densidade e espaçamento entre as partículas.

A16. Comentário: Espera-se que a reformulação dos modelos, feita pelos alunos, já incorpore as discussões realizadas.

A17. A cânfora sólida torna-se líquida e transparente. **Comentário**: Aqui pode ser interessante chamar a atenção dos alunos para o fato de a cânfora sólida afundar na cânfora líquida, já que aquela é mais densa que esta.

A18. Ao aquecer a cânfora, suas partículas adquirem mais energia e se movimentam mais, afastam-se umas das outras. Esse processo leva a uma diminuição das interações entre elas, provocando sua desorganização, caracterizando, portanto, o estado líquido.

A19. Se continuasse o aquecimento, a cânfora líquida entraria em ebulição.

A20. **Comentários**:

1. Não se espera que, necessariamente, os alunos consigam sugerir um modelo que esteja de acordo com o modelo considerado cientificamente correto. A discussão que os ajudará a compreender as ideias científicas envolvidas deverá ocorrer ao longo da atividade.
2. O modelo deve apresentar as seguintes características:
   - No estado sólido, as partículas estão próximas e organizadas.
   - No estado líquido, as partículas estão um pouco mais afastadas que no sólido e desorganizadas.
   - No estado gasoso, as partículas estão bastante afastadas e desorganizadas.
3. Nesse momento, é interessante retomar a ideia de que a massa é a mesma se considerarmos que as partículas são as mesmas, mas que a densidade muda de um estado físico para outro já que essas partículas vão ficando cada vez mais afastadas umas das outras ($d_{sólido} > d_{líquido} > d_{gás}$).

A21. **Comentário**: Espera-se que a reformulação dos modelos, feita pelos alunos, já incorpore as discussões realizadas.

A23.

Sistema	10 s após a adição do soluto	5 min após a adição do soluto
$KMnO_4 + H_2O$	início da dissolução do $KMnO_4$	o $KMnO_4$ já está bem dissolvido
$KMnO_4$ + aguarrás	o $KMnO_4$ não se dissolveu	o $KMnO_4$ não se dissolveu

Quadro MP.19 Atividade A23.

Exercícios

E1. Porque certos materiais possuem um número maior de partículas em um mesmo volume.

E2. Porque, durante a mudança de estado físico, a energia fornecida ao sistema é utilizada para promover o afastamento das partículas, caracterizando, assim, um novo estado físico.

E3. Porque para que o líquido entre em ebulição é necessário que:
1. ocorra o enfraquecimento da interação que há entre suas partículas;
2. suas partículas rompam a "barreira" formada pelas partículas do ar que estão sobre a sua superfície.

Assim, quanto mais partículas de ar houver no sistema, maior será a pressão por ele exercida (pressão atmosférica) e, consequentemente, mais energia será necessária para que o líquido entre em ebulição.

E4. Para que ocorra solubilidade, deve haver interação entre as partículas do soluto e as partículas do solvente; sendo assim, alguns solutos interagem bem com certos solventes e não interagem com outros.

E5. a) É possível comprimir o ar numa seringa porque as partículas, no estado gasoso, estão bastante afastadas. Ao comprimir o êmbolo da seringa, as partículas do gás (no caso estudado, o ar) ficam mais próximas entre si, diminuindo o espaço vazio entre elas.

Figura MP.14 Exercício E5.

b) Ao continuar comprimindo o ar da seringa, as partículas ficam mais próximas umas das outras e os espaços vazios que entre elas diminuem, possibilitando a mudança de estado de agregação da matéria, ou seja, passando do estado gasoso para o estado líquido, sendo assim, possível observar a formação de gotículas no interior da seringa.

E6. a) (V) A densidade do ar, após o aquecimento, diminui. (Justificativa: o aquecimento do tubo de ensaio com um balão, as partículas de ar distanciam-se umas das outras, dessa forma o volume do gás aumenta e a densidade do ar diminui.)

b) (F) O balão enche porque todo o ar que estava no tubo sobe para o balão. (Justificativa: com o aquecimento do ar no interior do tubo de ensaio faz com que ele se espalhe rapidamente pelo ambiente, aumentando o volume devido ao aumento da distância entre as partículas.)

c) (V) O aquecimento provoca o aumento das partículas de ar. (Justificativa: As partículas de ar adquirem movimento cinético espalhando-se pelo ambiente e consequentemente aumentando o volume das partículas do gás.)

d) (F) Com o aquecimento, as partículas do ar que estavam paradas adquirem movimento. (Justificativa: As partículas de ar não estão paradas inicialmente, elas possuem energia cinética. O aquecimento aumenta essa quantidade de energia aumentando o movimento das partículas.)

E7.

Estado físico	Sólido	Líquido	Gasoso
Organização das partículas	Ordenadas em um retículo cristalino.	Ocorrem pequenos aglomerados de partículas, mas elas deslizam umas sobre as outras.	As partículas não se aglomeram
Movimento das partículas	Atração intensa entre as partículas, portanto possui pequeno movimento.	Fraca atração entre as partículas, porém essa atração as mantém no estado condensado.	Movimento entre as partículas muito rápido.
Forma e volume	Definidos, desde que a temperatura não varie.	Volume constante e forma não definida.	Volume e formas não definidas.
Distância entre as partículas	Pequena distância entre as partículas.	Distância média entre as partículas	Grande distância entre as partículas.

Quadro MP.20 Exercício E7.

E8. A energia cinética das partículas é diretamente proporcional à temperatura. Isso implica que quanto maior a temperatura, maior é a energia cinética das partículas. Ou seja, as partículas sempre estão em movimento, mesmo a temperaturas muito baixas, portanto, o estado físico gasoso apresenta maior energia cinética.

E9. a) No gelo, a distâncias das partículas são maiores do que da água, portanto a densidade da água é maior que a do gelo.

b) A água no estado sólido (gelo) e no estado líquido.

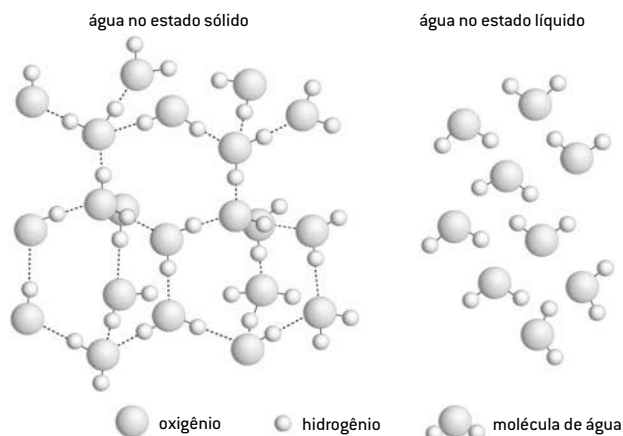



Figura MP.15 Exercício E9.

O sal de cozinha no estado sólido e no estado líquido.

Ilustrações: Avits/Arquivo da editora

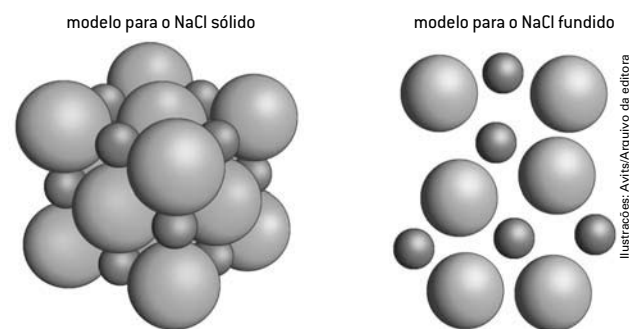



Figura MP.16 Exercício E9.

c) A água no estado sólido tem menor densidade do que a água no estado líquido, porque a distância média entre as partículas no gelo é maior do que na água líquida.

Já para o sal de cozinha ocorre o contrário, suas partículas estão mais unidas no estado sólido do que no líquido.

E10. No estado sólido. A atração entre as partículas no sólido é intensa, e os espaços vazios são bem menores que nos gases. Portanto, esse modelo explica por que os sólidos têm forma própria e não se "esparramam" como os líquidos, ou seja, como estão limitadas a posições fixas, as partículas não podem se deslocar e "rolar umas sobre as outras", como acontece com os líquidos.

E11. A elevação da temperatura de um sistema aumenta a energia cinética (energia relacionada ao movimento) das partículas. Essa maior movimentação enfraquece as interações entre as partículas.

E12. Porque a substância responsável pelo cheiro é gasosa, como suas partículas se movimentam muito, podem se espalhar com maior facilidade. Isso não ocorre com temperaturas baixas, porque o movimento também é menor, sendo assim o cheiro se espalha menos.

E13. Nas regiões do gráfico indicadas por II e V, está ocorrendo a mudança de fases, portanto toda a energia fornecida para o sistema está sendo utilizada para promover o afastamento das partículas. Já nas regiões do gráfico indicadas por I, III e V, a energia recebida, está sendo usada para o enfraquecimento das interações das partículas da substância, portanto há variação de temperatura nesses pontos.

E14. a) As partículas da água interagem com as partículas do permanganato de potássio, e essa interação soluto-solvente compensa energeticamente a quebra das interações soluto-soluto, o que torna possível a dissolução.

b) Não há interação entre as partículas de aguarrás com as partículas do permanganato de potássio, portanto não há dissolução.

c) • Movimento das partículas;
• Quebra de interações soluto-soluto;
• Formação de interações soluto-solvente.

E15. a) Correta. Justificativa: É possível comprimir o ar numa seringa porque as partículas são infinitamente pequenas, que se movimentam continuamente no espaço vazio, por possuírem energia cinética.

b) Incorreta. Justificativa: No sólido as partículas apresentam o movimento vibratório; portanto, o movimento é menor, mas as partículas não param.

E16. c

E17. b

E18. c

E19. b

E20. c

E21. a

E22. 1 é sólido, 2 é gasoso e 3 é líquido.

E23. Com o aquecimento, as partículas do ar dentro do sistema passam a ter mais energia cinética, o que provoca um aumento na movimentação das partículas. Ao se movimentarem com mais intensidade, as partículas passam a exercer uma pressão maior sobre as paredes do recipiente e do balão. Como o balão é elástico, ele infla.

Questões

Q1. No caso da seringa e do erlenmeyer com o balão, m_1 será igual a m_2.Trata-se de sistemas fechados, não entrou nem saiu ar em nenhum dos casos; sendo assim, a massa é a mesma. No caso do kitasato com a seringa, m_1 é maior do que m_2. Uma parte das partículas do ar foi para dentro da seringa; sendo assim, a quantidade de partículas de ar dentro do kitasato diminui; por isso, a massa é menor.

Q2. Seringa: d_1 será menor do que d_2. Considerando a mesma massa, se o ar passa a ocupar menor volume, a densidade aumenta. Kitasato com seringa: d_1 é maior do que d_2. Considerando que o ar ocupa o mesmo volume dentro do kitasato e que a massa diminui, a densidade do ar também diminui. Erlenmeyer com o balão: d_1 é maior do que d_2. Considerando a mesma massa, se o volume ocupado pelo ar aumenta, a densidade diminui.

Q3. **Comentário geral**: Não se espera que, necessariamente, os alunos proponham o modelo considerado cientificamente correto. Pretende-se, com esta questão, possibilitar a discussão entre os estudantes e a consequente proposição de um modelo para explicar os fenômenos observados. A discussão que os ajudará a compreender as ideias científicas envolvidas deverá ocorrer a partir da apresentação desses primeiros modelos propostos.

Comentários específicos:

Ar na seringa

De acordo com o modelo científico, os materiais são constituídos por partículas muito pequenas que possuem energia e se movimentam no espaço vazio. No caso de gases, o espaço vazio é muito grande e a interação entre essas partículas é muito pequena, o que possibilita a elas uma grande liberdade de movimento. Logo, no caso do ar na seringa, quando o êmbolo é empurrado, as partículas se aproximam mais, já que o espaço dentro da seringa diminuiu. Como as partículas são as mesmas, a massa do gás se mantém, apesar de elas ocuparem um espaço menor, o que provoca o aumento da densidade do ar.

É comum que os estudantes proponham modelos em que o ar é representado de forma contínua. Esse modelo é proposto porque muitos alunos consideram que os materiais, inclusive o ar, são contínuos, ou seja, eles não aceitam facilmente a possibilidade de que há partículas e, principalmente, espaços vazios na constituição dos materiais.

Outro modelo que muitos estudantes propõem é a representação das partículas juntas, sem espaços vazios. Nesse caso, eles podem sugerir que com a compressão do êmbolo as partículas diminuem ou são achatadas, o que explicaria a diminuição do espaço dentro da seringa.

Dessa forma, é importante que a discussão desenvolvida em aula gire em torno da necessidade de se escolher um modelo para o ar dentro da seringa considerando as conclusões anteriores, de que $m_1 = m_2$ e $d_1 < d_2$. Um modelo adequado para o ar na seringa é representar as partículas por pontos, tendo o cuidado de colocar o mesmo número de pontos antes e depois de comprimir o êmbolo, mantendo--as uniformemente distribuídas pelo espaço disponível. A utilização de pontos é uma forma de evidenciar a ideia de que as partículas são muito pequenas e de que elas não diminuem nem sofrem qualquer tipo de deformação.

Kitasato com a seringa

De acordo com o modelo científico, as partículas que constituem os gases se movimentam livremente, distribuindo--se uniformemente por todo o espaço disponível. Dessa forma, as partículas que estavam distribuídas por todo o espaço dentro do kitasato passaram a ter também o espaço dentro da seringa. Assim, elas se distribuem igualmente por todo o sistema (kitasato + seringa).

É comum os estudantes sugerirem que, ao puxar o êmbolo, grande parte das partículas é “atraída” ou “sugada” para dentro da seringa, o que faria com que houvesse uma maior concentração de partículas dentro da seringa do que no kitasato, ou até mesmo que todas as partículas foram para dentro da seringa.

É importante que a discussão desenvolvida em aula gire em torno da necessidade de se escolher um modelo considerando as conclusões anteriores, de que $m_1 < m_2$ e $d_1 < d_2$. Antes de retirar uma parte do ar contido no kitasato, existia um determinado número de partículas distribuídas uniformemente pelo frasco. Depois de puxar o êmbolo da seringa, parte desse ar se distribuiu pelo espaço da seringa. Isso fez com que a quantidade de partículas dentro do kitasato diminuísse. Com menos partículas, a massa do ar dentro do frasco sem a seringa também diminuiu. Logo, a densidade do ar também ficou menor, já que agora há um menor número de partículas ocupando um mesmo espaço.

Ao representar o modelo, as partículas devem ser distribuídas uniformemente pelo frasco. O número total de partículas dentro do frasco antes da retirada do ar e depois, considerando também a seringa com ar, deve ser o mesmo.

Erlenmeyer com o balão

De acordo com o modelo científico, o aumento da temperatura provoca um aumento na energia cinética das partículas do ar, o que aumentará sua movimentação dentro do frasco e, consequentemente, o espaço vazio entre elas. Esse processo fará com que essas partículas se choquem mais intensamente com as paredes do frasco e do balão, ou seja, há um aumento na pressão que o ar exerce sobre as paredes do frasco e do balão, fazendo o balão, que é elástico, inchar.

Muitos estudantes sugerem que, com o aumento da temperatura, o ar fica “mais leve” e sobe, se concentrando dentro do balão. É comum também que alguns estudantes defendam a ideia de que, com o aquecimento, as próprias partículas sofrem dilatação.

É importante que a discussão desenvolvida em aula gire em torno da necessidade de se escolher um modelo consi-

derando as conclusões anteriores, de que $m_1 = m_2$ e $d_1 > d_2$. Como as partículas se mantêm as mesmas, antes e depois do aquecimento, a massa de ar no sistema se mantém. No entanto, o espaço dentro do sistema aumenta, já que o balão incha. Mesma massa em um espaço maior fará com que a densidade do ar diminua.

Deve-se chamar a atenção para o fato de que as partículas se movimentam aleatoriamente, não existindo motivo para o gás se aglomerar em um determinado local (por exemplo, dentro do balão). Além disso, o aquecimento aumenta a energia cinética das partículas, o que as fará se movimentarem com maior intensidade. No entanto, as partículas não sofrem nenhuma modificação; elas se mantêm as mesmas e com o mesmo tamanho. Um modelo cientificamente adequado representa as partículas por pontos igualmente distribuídos pelo sistema.

Q4. Reformulação a ser desenvolvida pelo aluno.

Q5. Os materiais são constituídos por partículas que possuem energia cinética e se movimentam no espaço vazio. No caso dos gases, a interação entre as partículas é praticamente nula, o que as mantém muito afastadas umas das outras, desorganizadas e com muita liberdade de movimento.

Q6. As partículas que constituem um gás se movimentam porque possuem energia cinética.

Q7. a) A substância responsável pelo cheiro é gasosa; como suas partículas se movimentam muito, podem se espalhar com facilidade.

b) Em temperaturas mais baixas, o movimento das partículas também é menor; sendo assim, o cheiro se espalha menos.

Q8. Há uma transferência de calor da sopa para o ar, por isso a sopa esfria.

Q9. O sulfato de cobre II deve se dissolver completamente na água.

Q10. Não acontecerá nenhuma mudança.

Q11. As partículas da água interagem com as partículas do $CuSO_4$ e, como estão em constante movimento, com o passar do tempo, ocorre a dissolução completa do $CuSO_4$ em água, mesmo sem agitação.

Q12. Restará o $CuSO_4$ sólido no recipiente, pois só a água, que tem menor temperatura de ebulição, irá vaporizar.

Q13. m_1 será igual a m_2, pois a porção de açúcar se dissolveu mas continua fazendo parte do sistema. O sistema agora é constituído pelas partículas de água mais as partículas de açúcar.

Comentário sobre as questões de Q14 a Q25: Lembramos que não se espera que, necessariamente, os alunos saibam responder e/ou justificar todas as questões. Algumas delas são propostas com a intenção de provocar a reflexão e discussão sobre situações particulares que fogem aos critérios de classificação apresentados até aqui. A discussão que os ajudará a compreender as ideias científicas envolvidas deverá ocorrer ao longo da discussão entre alunos e entre alunos e professor, e serão apresentadas nos textos mais adiante nesse capítulo.

Q14.

Estado físico	Critério 1 (sensorial)	Critério 2 (forma e volume)	Modelo de partículas
sólido	duro	constantes	partículas organizadas, próximas umas das outras e com pouco movimento, apenas vibratório
líquido	escorregadio	forma variável e volume constante	partículas desorganizadas, com maior espaço entre elas e com maior movimento
gasoso	não pode ser pego	variáveis	partículas desorganizadas, com grande espaço entre elas e com maior movimento do que no estado líquido

Quadro MP.21 Questão Q14.

Q15. Em todos os estados físicos as partículas que constituem os materiais possuem energia cinética, por isso toda partícula se movimenta, independentemente de qual estado físico o material se encontra. No entanto, no estado sólido, elas possuem somente movimento vibratório, pois se encontram presas em um retículo cristalino. No estado líquido, o movimento das partículas é maior do que no estado sólido, pois as interações entre elas são mais fracas. No estado gasoso, elas apresentam grande liberdade de movimento, já que a interação entre as partículas é muito pequena.

Q16. O espaço entre as partículas dos sólidos e líquidos é muito pequeno quando comparado ao estado gasoso. Essa diferença ocorre porque no estado gasoso a interação entre as partículas é muito pequena, o que possibilita uma enorme liberdade de movimentação para elas, o que resulta nessa capacidade que os gases têm de se espalhar por todo espaço que lhe estiver disponível. Por isso, seu volume nunca é definido.

Q17. No estado sólido, as partículas do material só possuem movimento vibratório, mantendo-se fixas no retículo cristalino. Essa característica explica por que os sólidos apresentam forma definida. Já nos líquidos e gases, as partículas se movimentam mais livremente, não ficam fixas em uma determinada posição, o que explica o fato de os materiais líquidos e gasosos não apresentarem uma forma definida.

Q18. As partículas de um material terão mais movimento quando ele se encontrar no estado gasoso. Isso acontece porque, nesse estado físico, as partículas possuem muita energia cinética, que é a energia associada à movimentação.

Q19. Um mesmo material é mais denso quando sólido e menos denso quando gasoso. Isso ocorre porque, no estado sólido, as partículas do material estão muito próximas, ocupando um espaço menor (densidade maior). No estado gasoso, ao contrário, as partículas ficam muito distantes umas das outras, ocupando um espaço muito maior (densidade menor).

Q20. A densidade do gelo é menor do que a densidade da água porque o gelo flutua na água.

Q21. Comentário: Esse modelo, que deverá ser construído com seu auxílio, deve caracterizar a situação já descrita, na qual o gelo é menos denso do que a água. Dessa forma, no modelo da água no estado sólido, as partículas devem estar organizadas e, comparadas ao estado líquido, mais afastadas umas das outras, o que justifica o fato de o estado sólido apresentar uma densidade menor. (Veja figura no livro do aluno.)

Q22. Não, pois para os outros materiais, no estado sólido, as partículas estão mais próximas umas das outras; nesse estado físico a densidade do material é maior.

Q23. No estado sólido, pois as partículas estão mais próximas umas das outras e apresentam menor movimentação.

Q24.

Estado físico	sólido	líquido	gasoso
Forma	constante	variável	variável
Volume	constante	constante	variável
Organização das partículas	organizadas	desorganizadas (aglomeradas)	desorganizadas
Energia/ movimento das partículas	pouco movimento (vibratório)	maior movimento do que no sólido	muito movimento
Distância entre partículas	pequena	um pouco maior que no sólido	muito grande

Quadro MP.22 Questão Q24.

Q25. Comentário: Não se espera que os alunos saibam, necessariamente, responder a esta questão. A proposta é dar a oportunidade para que eles reflitam sobre esses casos particulares e busquem soluções para explicá-los. O mais importante é que os estudantes vejam, pelo impasse criado, que a classificação (sólidos, líquidos e gases) tem limitações como toda classificação, o que justificará a necessidade de compreender melhor esses casos.

Neblina, fumaça e nuvens são materiais que não apresentam forma definida nem volume constante, o que nos levaria a classificá-los como gases. No entanto, são constituídos por aglomerados de partículas que os tornam visíveis, característica que não pode ser atribuída aos gases. O vidro, apesar de ter forma e volume definidos, é constituído por partículas que não apresentam organização, então não pode ser classificado como sólido. O cristal líquido é um material que, apesar de ter moléculas que se deslocam livremente, possibilitando que ele adquira a forma do recipiente que o contém, possui moléculas que assumem uma orientação no espaço, ou seja, apresentam uma organização, o que não nos permite classificá-lo como líquido.

Possibilidade de resposta: Nenhum dos materiais indicados na questão se enquadra nos critérios que estabelecemos, até aqui, para classificar os materiais em sólidos, líquidos e gasosos.

Q26. Porque ao analisarmos suas propriedades constatamos que elas não condizem completamente com os critérios que usamos para classificá-los como sólidos, líquidos ou gases.

Q27. São misturas constituídas por materiais cujas partículas apresentam dimensões atômicas maiores que 1 nm ou 10^{-9} m. Esses sistemas não podem ser classificados em sólidos, líquidos ou gases, já que suas propriedades não se encaixam nos critérios de forma e volume estabelecidos para essa classificação. Nos coloides, portanto, há a coexistência de pelo menos dois estados físicos, um disperso no outro. Uma nuvem, por exemplo, não tem forma definida nem volume constante, o que nos levaria a classificá-la como gás. Sabemos, no entanto, que uma nuvem é constituída, entre outras coisas, por gotículas de água no estado líquido e, em alguns casos, como nas nuvens de tempestade, também por pedacinhos de gelo em suspensão. Sendo assim, gotículas no estado líquido e pedaços de gelo estão em suspensão no ar, que se encontra no estado gasoso. A nuvem, então, é um exemplo de coloide sob a forma de aerossol, em que o ar é a fase dispersante e as gotículas e os pedaços de gelo, as fases dispersas.

Q28. São sólidos constituídos por partículas organizadas segundo um arranjo geométrico bem ordenado, como é o caso, por exemplo, do quartzo e do cloreto de sódio.

Q29. O vidro é um material que apresenta forma e volume definidos, mas suas partículas não apresentam um arranjo ordenado. Por isso, é chamado de sólido amorfo: "sólido" para se referir às propriedades de forma definida e volume constante, e "amorfo" para designar um material com partículas desorganizadas.

Q30. Veja figura no livro do aluno. Sólido: partículas organizadas, pequeno espaço vazio entre as partículas, movimento de vibração em posições definidas do retículo cristalino. Líquido: partículas desorganizadas (aglomeradas), pequeno espaço vazio entre as partículas, movimento de vibração, rotação e translação. Gasoso: partículas desorganizadas, grande espaço vazio entre as partículas, movimento de vibração, rotação e translação bastante intensos.

Q31. O erro conceitual está no trecho: "[...] suas partículas param [...]", pois no estado sólido as partículas apresentam o movimento vibratório; portanto, o movimento é menor, mas as partículas não param.

Q32. Em um dia frio, os materiais sofrem contração, pois suas partículas perdem energia, passando a ter menor movimento e aproximando-se mais. Durante a solidificação da água, porém, as partículas se arranjam de modo que ficam mais afastadas e, portanto, o gelo dilata, ocupando maior volume que a água líquida. Esse processo provoca a fragmentação dessas rochas.

Q33. A transição vítrea é um processo pelo qual um material ora se aproxima do estado sólido, ora do estado líquido. É o caso, por exemplo, de muitos plásticos. Com o aumento da temperatura, um plástico rígido pode tornar-se flexível e elástico. Essa mudança ocorre a uma determinada temperatura, que depende da composição do material. Outro exemplo são as gomas de mascar, cuja transição vítrea ocorre a uma temperatura superior à ambiente, mas inferior à do corpo humano. A goma é dura na temperatura ambiente, mas amolece na boca.

Q34. Resfriando a goma de mascar, por exemplo, com o auxílio de uma pedra de gelo. A goma ficará mais rígida e menos "pegajosa", o que facilitará sua retirada do cabelo.

Q35. No alto das montanhas, o ar é mais rarefeito, ou seja, a quantidade de ar presente na atmosfera é menor; consequentemente, a pressão atmosférica é menor; por isso, o autor se refere à panela de pressão como uma "antimontanha", pois na panela a pressão é mais alta que a pressão ambiente.

Q36. a) No modelo não estão representadas as partículas da água nem os espaços vazios entre elas.

b) O modelo não representa os espaços vazios entre as partículas constituintes. Considera que, em vez de espaços vazios, há ar entre as partículas.

c) O modelo representa adequadamente as partículas que constituem a água e o sal, é coerente com relação à organização das partículas nos diferentes estados físicos e representa bem a dissolução do sal.

Q37. Há uma interação significativa entre as partículas do sal e as da água, por isso o sal se dissolve na água. No entanto, utilizando água quente, a energia das partículas de sal e água fica maior, o que aumenta a movimentação dessas partículas; logo elas irão interagir mais rapidamente e o processo de dissolução do sal na água será mais rápido. A interação que ocorre entre as partículas do sal e do tetracloreto de carbono é muito fraca e insuficiente para que ocorra a dissolução.

Q38. No estado sólido as partículas do material se mantêm organizadas segundo um arranjo geométrico bem ordenado sem liberdade de movimento. O movimento é apenas vibracional. Já no estado líquido, as partículas do material formam pequenos aglomerados desordenados que se movimentam livremente.

Q39. Os cristais líquidos são materiais que apresentam algumas propriedades de materiais líquidos, como o fato de suas moléculas poderem deslocar-se livremente, mas por outro lado apresentam características dos sólidos, como o fato de suas moléculas assumirem uma orientação no espaço, ou seja, estarem organizadas.

Q40. A mudança da orientação das partículas num cristal líquido é provocada pela variação da temperatura ou pela intensidade de um campo elétrico aplicado ao material. Veja a figura 5.36 do livro do aluno.

Q41. Quando a orientação das partículas varia, algumas propriedades ópticas do cristal líquido podem variar. Por isso, os cristais líquidos são utilizados na fabricação de telas de computadores e mostradores de calculadoras e relógios digitais.

Q42. O cristal líquido é colocado entre duas placas de vidro encobertas por material transparente e condutor de eletricidade. Num mostrador de relógio ou de calculadora, a luz que atinge a superfície passa, em primeiro lugar, por uma fina camada de material polarizador, que permite a passagem apenas de raios de luz cuja vibração se dá numa determinada direção. Quando não há voltagem aplicada no material condutor, a luz polarizada passa pela camada de cristal líquido, é refletida no fundo do dispositivo e emerge novamente através da placa que cobre o dispositivo. A superfície aparece, então, brilhante. A aplicação de um campo elétrico ao material condutor provoca a mudança na orientação das partículas de cristal líquido. Consequentemente, a luz polarizada não passa através da camada de cristal líquido e as áreas do mostrador em que foi aplicado o campo elétrico aparecem mais escuras. A aplicação do campo elétrico às áreas apropriadas do mostrador pode formar letras, números ou outras figuras.

Q43. a) As linhas do gráfico representam pontos de T e C nos quais fases diferentes coexistem em equilíbrio. Acima do ponto crítico (à direita da linha vertical pontilhada), o gás não pode coexistir com a fase líquida, mesmo em situações de alta pressão. Abaixo do ponto crítico (à esquerda da linha vertical pontilhada), as fases líquida e gasosa podem coexistir. Essa é a principal diferença entre os conceitos de gás e vapor.

b) Analisando o gráfico, pode-se afirmar que, acima da pressão citada, ocorre o fenômeno de fusão e, abaixo desse valor, ocorre a sublimação.

Q44. b

Q45. a

Q46.

	Dispersão	Disperso	Dispergente
a)	sol	sólido	líquido
b)	gel	sólido	líquido
c)	aerossol	líquido	gasoso
d)	emulsão	líquido	líquido
e)	espuma sólida	gás	sólido

Quadro MP.23 Questão Q46.

Sugestões de leitura para formação do professor

- DAVID, M. A.; FERREIRA, L.R.B.V. *Modelo Cinético Molecular*. Disponível em: <http://crv.educacao.mg.gov.br/SISTEMA_CRV/documentos/md/em/quimica/2010-08/md-em-qu-26.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2013.
- JAFELICCE JÚNIOR, M.; VARANDA, L. C. O mundo dos coloides. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 9, maio 1999. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc09/quimsoc.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

Este artigo discute o que são coloides, quais são seus tipos, como deixam de ser estáveis e como aparecem em nosso dia a dia e em diferentes aplicações tecnológicas.

- MOREIRA, L. A. *Modelo cinético-molecular: abordagens e possibilidades no ensino da Química*. Monografia apresentada no curso "Ensino de Ciências por Investigação". Belo Horizonte: Cecimig/Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), 2007. Disponível em: <www.cecimig.fae.ufmg.br/wp-content/uploads/2007/10/monografia-lidia-alves-moreira.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.
- MORTIMER, E. F. Concepções atomistas dos estudantes. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, 1995. v. 1. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc01/aluno.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

Este artigo discute as concepções alternativas dos estudantes sobre a matéria, o que inclui a atribuição de propriedades macroscópicas aos átomos e a dificuldade em aceitar a existência de espaços vazios entre as partículas de matéria.

- _____. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de Ciências*. Belo Horizonte: UFMG, 2000. 383 p.

Esse texto propõe a ideia de perfil conceitual relacionada ao ensino do atomismo. Ele faz um extensa revisão da bibliografia disponível sobre concepções dos estudantes a respeito do atomismo e uma análise de discurso dos estudantes envolvidos na construção do modelo cinético-molecular. É um texto-base para professores interessados nas diversas visões que o estudante apresenta ao construir esses modelos, destacando os obstáculos à aprendizagem e as formas de lidar com essas dificuldades.

Sugestões de páginas na internet

<www.lapeq.fe.usp.br/labdig/simulacoes/fase.php>

Página do Lapeq (Laboratório de Pesquisa em Ensino de Química e Tecnologias Educativas) da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (Feusp). Nesta página você vai encontrar uma simulação para o modelo cinético de gases. Acesso em: 23 ago. 2012.

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=10386>

Nesta página você vai ter acesso a uma simulação que permite estudar as propriedades dos gases, observando-se variações no volume, pressão, temperatura, gravidade entre outros. Acesso em: 23 ago. 2012.

<www.qmc.ufsc.br/qmcweb/artigos/quimiosensores.html>

Nesta página você vai encontrar um texto sobre o olfato, quimiossensores e a relação entre a estrutura da molécula e o odor experimentado. Pode ser uma boa dica para trabalhar a questão do movimento das partículas do gás. Acesso em: 10 jan. 2013.

Sugestões de vídeos

<www.qmc.ufsc.br/quimica/pages/aulas/gas_page5.html>

Nesta página você vai ter acesso ao vídeo "Energia cinética", cujo áudio é em inglês. Nele você poderá ver como varia a energia cinética de um gás com a massa e com a temperatura. Acesso em: 25 abr. 2012.

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=16830>

Nesta página você vai ter acesso a um vídeo que mostra o movimento browniano das moléculas de uma amostra de leite misturado com água. Acesso em: 25 abr. 2012.

Capítulo 6 — Modelos para o átomo e uma introdução à tabela periódica

Professor

Aqui começam as orientações para o Capítulo 6 (p. 150 a p. 223)

Objetivos do capítulo

Este capítulo tem como principal objetivo aprofundar o estudo de modelos para os materiais. No capítulo 5, trabalhamos um modelo de partículas que não faz nenhuma consideração sobre a estrutura dessas partículas. Neste capítulo, serão abordados modelos para a estrutura do átomo de maneira articulada com o estudo sistemático da tabela periódica.

O objetivo é que o aluno, ao final do capítulo, seja capaz de relacionar a reatividade das substâncias com a estrutura eletrônica dos átomos. Nossa abordagem envolve evidências experimentais e o estudo de como os modelos foram propostos ao longo da história. Por uma opção didática, propusemos alguns experimentos que evidenciam aspectos do comportamento dos materiais que ajudam na compreensão de alguns modelos, mesmo que não tenham relação direta com a história da elaboração e proposição desses modelos.

Sugestão para a organização do trabalho com os alunos

A abordagem deste capítulo requer a leitura e a discussão de vários textos, o que pode ser um pouco cansativo para os alunos. São propostas algumas atividades experimentais que quebram um pouco esse ritmo de leituras. Em geral, sugerimos que você alterne leituras coletivas, em sala de aula, com leituras individuais, realizadas em casa. Você pode optar também por preparar aulas expositivas a partir dos textos. Nesse caso, procure alternar a exposição com perguntas para checar o entendimento dos alunos. Isso torna a exposição menos cansativa e propicia a você uma noção maior do nível de compreensão da turma.

O **Texto 1** – "A ideia de átomo: da Grécia antiga aos tempos atuais" – e o **Texto 2** – "A hipótese atômica de Dalton" – vão apresentar da ideia de átomo da Grécia antiga à hipótese atômica de Dalton.

A **Atividade 1** – "Evidências para a natureza elétrica na constituição dos materiais" – vai abordar fenômenos que possibilitam explicitar a natureza elétrica da matéria. A partir da discussão desses fenômenos, os alunos são solicitados a propor um modelo para o átomo que leve em consideração a presença de cargas elétricas na constituição dos materiais. O exercício de propor modelos é fundamental para a construção do conhecimento químico. É importante destacar, para os alunos, que o que está em questão neste momento não é a construção do modelo correto, mas de um modelo que seja coerente com o que foi observado nos fenômenos e que possibilite explicá-los.

O fundamental é que os alunos compreendam que os fenômenos estudados nos permitem imaginar que os materiais são constituídos por cargas elétricas. A partir disso, o modelo proposto deve explicitar a presença dessas cargas.

O **Texto 3** – “Cargas elétricas nos materiais” – discute a Atividade 1 apresentando a série triboelétrica e o processo de eletrização dos materiais quando são atritados.

O **Texto 4** – “Evidências para um novo modelo atômico” – vai discutir como, ao longo do século XIX, foram realizadas várias descobertas que ajudaram a desvendar parte da estrutura do átomo. Abordamos a descoberta dos raios X e da radioatividade como marcos para o avanço dos estudos sobre o átomo, pois permitiram o acesso a informações sobre a constituição atômica dos materiais. A abordagem é histórica e enfatiza a importância dos fenômenos elétricos para a elaboração de um novo modelo, abordado pelo **Texto 5** – “O modelo atômico de Thomson”. Na seção “**Sugestões de vídeos**” para esse capítulo apresentamos indicações de vídeos sobre modelos para o átomo, nos quais se pode ter uma visão mais detalhada do ambiente nos quais os pesquisadores trabalharam.

Você também pode explorar as biografias dos cientistas citados. Em “Sugestões de Leitura para Formação do Professor” apresentamos várias indicações de livros e textos que você pode utilizar.

Se for de seu interesse, você pode propor um aprofundamento no estudo da radioatividade. Se for possível em sua cidade, ou próximo dela, programe uma visita às instalações da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen). A Cnen possui unidades em: Abadia de Goiás (GO), Angra dos Reis (RJ), Belo Horizonte (MG), Caetité (BA), Fortaleza (CE), Recife (PE), Rio de Janeiro (RJ) e São Paulo (SP).

O **Texto 6** – “Um modelo para a estrutura do átomo: o modelo de Rutherford” – vai abordar a proposição do modelo de Rutherford destacando o contexto histórico das ideias que estavam em circulação naquela época. Sugerimos que seja feita uma leitura coletiva, com interrupções para discussão e explicações adicionais. A experiência de Geiger e Marsden parece ser de difícil compreensão. Na seção “Sugestão de Atividade Adicional”, sugerimos uma analogia mecânica para essa experiência. Você pode sugerir que os alunos realizem essa atividade em casa e discutam-na em sala. Se você tiver acesso a um contador Geiger, é interessante mostrá-lo aos alunos.

O **Texto 7** – “Elementos químicos e a tabela periódica” – vai dar início a uma sistematização dos conhecimentos sobre a tabela periódica. A abordagem da tabela deve ser realizada desde o capítulo 1. É fundamental que, ao chegar neste texto, o aluno já saiba utilizá-la, ainda que de forma relativamente superficial. O objetivo do texto é introduzir a ideia de isótopos e apresentar com mais detalhes como a tabela foi organizada por Mendeleev.

Nos **Textos 8**, **9** e **10** abordamos alguns conceitos importantes para a compreensão do modelo de Bohr. O **Texto 8** – “Os antecedentes do modelo de Bohr” – vai abordar, do ponto de vista histórico, que conhecimentos já haviam sido elaborados no campo da Física e como o modelo de Rutherford apresentava problemas para explicar a estabilidade do átomo. No **Texto 9** – “A luz emitida pelas substâncias e a radiação eletromagnética” – vamos discutir as radiações eletromagnéticas.

A **Atividade 2** – “O teste da chama” – é uma experiência simples e que pode ser realizada como demonstração. É importante que, ao longo do experimento, você interaja com os alunos buscando abrir espaço para que eles tentem elaborar explicações para o que estão observando. Destaque o fato de as substâncias envolvidas serem cloretos e de o ácido clorídrico não produzir alteração na cor da chama. A cor da chama, portanto, deve ser relacionada ao outro íon presente na substância e não ao íon cloreto. Esse teste dá elementos para que os alunos apreendam melhor o conteúdo do **Texto 10** – “A natureza ondulatória da luz e o espectro eletromagnético”, em que vamos fazer uma discussão sobre a natureza ondulatória da luz para buscar elementos explicativos para os resultados obtidos no teste da chama. O texto aborda o espectro eletromagnético, assunto que desperta grande interesse nos alunos. Se puder, prepare um material utilizando o espectro eletromagnético para facilitar suas explicações. Sugerimos que este texto seja lido em sala de aula de forma coletiva.

O **Texto 11** – “Interação entre radiação e matéria, os espectros atômicos e o modelo de Bohr” – vai estabelecer relações entre o modelo atômico de Bohr e a emissão/absorção de energia pelos átomos. Sugerimos que sua leitura seja feita em sala de aula.

As **Atividades 3**, **4** e **5** e o **Texto 12** vão retomar a exploração sistemática da tabela periódica. A **Atividade 3** – “Átomos neutros e íons” – é muito simples e pode ser realizada em casa. É importante que as questões sejam retomadas e discutidas em aula.

A **Atividade 4** – “Energia de ionização, níveis de energia e a tabela periódica” e a **Atividade 5** – “Modelo de Bohr e as variações de energia de ionização e dos raios atômicos ao longo da tabela periódica” devem ser feitas em sala de aula. Oriente seus alunos a providenciarem papel milimetrado para a construção dos gráficos. Você também pode sugerir que eles sejam preparados em casa, e as questões, respondidas em grupos, na sala de aula. Como já dissemos, alguns alunos gostam de utilizar programas de computador para fazer gráficos e isso pode, sim, ser estimulado, contanto que a construção “manual” não seja descartada. Prepare projeções com os gráficos, chamando a atenção da turma para as regularidades que aparecem. Essas duas atividades evidenciarão a distribuição dos elétrons em níveis eletrônicos.

O **Texto 12** – “O modelo de Bohr e a explicação das propriedades periódicas” – vai fechar a discussão sobre as relações entre o modelo atômico de Bohr e as propriedades periódicas. Esse Texto pode ser lido em casa e discutido em sala apenas para elucidar alguns pontos de compreensão mais difícil.

Neste capítulo, abordamos também o modelo atual. Isso é feito no **Texto 13** – "O modelo atual – comportamento dual do elétron, incerteza e orbital", no **Texto 14** – "Números quânticos, distribuição eletrônica e a organização da tabela periódica moderna", na **Atividade 6** – "A distribuição eletrônica por níveis e subníveis e a tabela periódica moderna" – e no **Texto 15** – "Distribuição eletrônica, tabela periódica e elétrons de valência". Essa é uma primeira abordagem do modelo atual, que pode ser retomada posteriormente, principalmente no capítulo 9, quando são introduzidos modelos para as ligações químicas. Não consideramos importante que o aluno adquira a habilidade de resolver mecanicamente exercícios envolvendo distribuição eletrônica por níveis e subníveis e números quânticos. O mais importante é a discussão conceitual desses temas. Lembre-se de que você pode, e deve, retomar essa questão quando for aprofundar os estudos no 2.º e no 3.º ano.

O **Texto 16** – "Metais, não metais e gases nobres" – vai fechar o capítulo abordando a tabela periódica moderna dos elementos químicos, relacionando-a com a estrutura eletrônica dos átomos correspondentes e como essas estruturas eletrônicas explicam a reatividade das substâncias.

Observações

1) Apesar da Iupac não mais recomendar a classificação dos elementos boro, silício, germânio, arsênio, antimônio, telúrio e polônio como **semimetais** ou **metaloides**, essa classificação é, muitas vezes, utilizada por razões didáticas. Muitos livros de Química geral mantêm essa classificação. Existe claramente uma transição entre as propriedades dos metais e dos não metais, e essa transição corresponderia às propriedades dos semimetais. O silício, por exemplo, é usado na fabricação de componentes de circuitos eletrônicos e dos processadores de computadores justamente por ser um semicondutor de eletricidade, uma propriedade intermediária entre a condutividade elétrica dos metais e a propriedade de ser isolante elétrico dos não metais. Por isso mencionamos essa classificação dos elementos em semimetais, apesar de não utilizarmos a tabela periódica com essa classificação.
2) Como recomendado pela Iupac, adotamos a numeração das colunas de 1 a 18. No entanto, mantivemos a numeração antiga, que distingue as colunas A, dos elementos representativos, das colunas B, dos elementos de transição. Consideramos que a numeração antiga permite mostrar de forma muito mais clara a relação entre o número da coluna e o número de elétrons na camada de valência do átomo do elemento químico considerado.

Como contraponto à existente no livro do aluno, apresentamos na página a seguir uma tabela periódica com a classificação dos **semimetais/metaloides**.

Sugestão de atividade adicional

Analogias mecânicas para a experiência de Geiger e Marsden

Nesta atividade vamos usar algumas analogias mecânicas para estudar a experiência de Geiger e Marsden e discutir como é possível interpretar essa experiência usando um modelo nuclear para o átomo.

Material

Bolinhas de gude ou mamonas, copinhos de café descartáveis, copos plástico e areia.

O que fazer

A1. Desenhem, no caderno, o esquema da experiência realizada por Geiger e Marsden.

Questões

Q1. Por que é conveniente usar ouro para fazer a lâmina de metal com a qual irão interagir as partículas alfa?
Porque o ouro é muito maleável, de modo que é possível obter lâminas finíssimas dele. Um outro metal não produziria lâminas tão finas.

Q2. Por que é conveniente usar uma lâmina muito fina?
A espessura da lâmina é importante porque a hipótese dos experimentadores era de que todas as partículas alfa passariam por essa lâmina desde que ela fosse muito fina.

Vamos, agora, procurar estabelecer uma analogia para compreender melhor o que Rutherford e seu grupo de estudantes esperavam obter em sua experiência. Vamos considerar que esferas pequenas – bolinhas de gude ou mamona – sejam comparáveis a partículas alfa, e obstáculos pequenos e leves, como copinhos descartáveis de café vazios, sejam comparáveis aos átomos, de acordo com a previsão do modelo de Thomson.

A2. Usando esferas (bolinhas de gude ou de mamona, etc.) e obstáculos pequenos e leves (copinhos descartáveis de café vazios), vamos simular que resultados seriam obtidos na experiência de Geiger e Marsden se o átomo fosse como Thomson havia imaginado. Para isso, vocês irão lançar as esferas contra os obstáculos de maneira aleatória, a partir de uma distância de, no mínimo, cinco metros. Anotem o resultado, classificando os desvios das esferas como inexistentes, pequenos ou significativos. Justifiquem a analogia entre obstáculos pequenos e a ideia de cargas positivas espalhadas uniformemente pelo átomo, como previsto no modelo de Thomson.

A3. Usando esferas e obstáculos grandes (por exemplo, copos de plástico grandes com areia), vamos simular os resultados da experiência realmente obtidos por Geiger e Marsden. Para isso, distribuam cinco copos de plástico lado a lado, separando-os por uma distância da ordem de dez vezes maior que o diâmetro dos copos. A seguir, lancem ao acaso, uma a uma, trinta esferas contra os obstáculos, a partir de uma distância de aproximadamente cinco metros. Reproduzam o quadro a seguir no caderno e classifiquem o desvio de cada partícula como grande, pequeno ou inexistente, preenchendo-o no caderno:

- Os elementos de **números atômicos 113, 115, 117 e 118** não constam na tabela porque, apesar de relatados por pesquisadores, até junho de 2012 ainda não haviam sido referendados pela Iupac/Iupap.
- As **massas atômicas** relativas são listadas com arredondamento no último algarismo. As massas atômicas entre parênteses representam valores ainda não padronizados pela Iupac.
- Os valores de **eletronegatividade** estão na escala de Pauling. Nessa escala, a eletronegatividade do flúor, elemento mais eletronegativo, é 4,0. O valor para o frâncio, elemento menos eletronegativo, é 0,7.
- Os valores de **raio atômico** e **raio covalente** são dados em pm (picômetros): 1 pm = 10^{-12} m.
- Os valores de **temperatura de fusão** e **de ebulição** são dados em ºC (graus Celsius).
- Os valores de **densidade** para sólidos e líquidos são dados em g/cm³ (gramas por centímetro cúbico) e, para gases, em g/L (gramas por litro).
- Os valores da **1ª energia de ionização** são dados em kJ/mol (quilojoules por mol).
- Os **traços** indicam valores desconhecidos.
- A classificação dos elementos boro, silício, germânio, arsênio, antimônio, telúrio e polônio em **semimetais** ou **metaloides** não é reconhecida pela Iupac.

Metais
Não metais
Semimetais/metaloides
Gases nobres

* Leia-se carbono grafite
** **b** – fósforo branco/ **v** – fósforo vermelho
*** Temperatura de sublimação

Propriedade dos elementos dentro das células

massa atômica relativa	eletronegatividade	raio atômico e raio covalente	temperaturas de fusão e ebulição	densidade	1ª energia de ionização	símbolo	número atômico	nome
1,01	2,2	78 30	–259 –253	0,09	1311	H	1	hidrogênio

Período	Grupo	Nº	Símbolo	Nome	Massa atômica	Eletronegatividade	Raio atômico	Raio covalente	T. fusão	T. ebulição	Densidade	1ª energia de ionização
1	1	1	H	hidrogênio	1,01	2,2	78	30	–259	–253	0,09	1311
1	18	2	He	hélio	4,00	—	128	—	—	–269	0,18	2376
2	1	3	Li	lítio	6,94	1,0	152	123	181	1342	0,53	520
2	2	4	Be	berílio	9,01	1,6	113,3	89	1287	2471	1,85	901
2	13	5	B	boro	10,81	2,0	83	88	2075	4000	2,34	800
2	14	6	C*	carbono	12,01	2,6	—	77	—	3825***	2,2	1085
2	15	7	N	nitrogênio	14,01	3,0	71	70	–210	–196	1,23	1404
2	16	8	O	oxigênio	16,00	3,4	—	66	–219	–183	1,40	1316
2	17	9	F	flúor	19,00	4,0	70,9	58	–220	–188	1,67	1684
2	18	10	Ne	neônio	20,18	—	—	—	–249	–246	0,89	2082
3	1	11	Na	sódio	22,99	0,9	153,7	—	98	883	0,97	494
3	2	12	Mg	magnésio	24,31	1,3	160	136	650	1090	1,74	737
3	13	13	Al	alumínio	26,98	1,6	143,1	125	660	2519	2,70	578
3	14	14	Si	silício	28,09	1,9	117	117	1414	3265	2,33	788
3	15	15	P	fósforo	30,97	2,2	93(b)/115(v)**	110	44	281	1,82(b)	1014
3	16	16	S	enxofre	32,07	2,6	104	104	115	445	2,07	1001
3	17	17	Cl	cloro	35,45	3,2	—	99	–102	–34	3,11	1253
3	18	18	Ar	argônio	39,95	—	174	—	–189	–186	1,75	1521
4	1	19	K	potássio	39,10	0,8	227	203	63	759	0,89	419
4	2	20	Ca	cálcio	40,08	1,0	197,3	174	842	1484	1,54	591
4	3	21	Sc	escândio	44,96	1,4	160,6	144	1541	2836	2,99	633
4	4	22	Ti	titânio	47,87	1,5	144,8	132	1668	3287	4,51	658
4	5	23	V	vanádio	50,94	1,6	132,1	—	1910	3407	6,0	649
4	6	24	Cr	crômio	52,00	1,7	124,9	—	1907	2671	7,15	654
4	7	25	Mn	manganês	54,94	1,6	124	117	1246	2061	7,3	716
4	8	26	Fe	ferro	55,85	1,8	124,1	116,5	1538	2861	7,87	763
4	9	27	Co	cobalto	58,93	1,9	125,3	116	1495	2927	8,86	763
4	10	28	Ni	níquel	58,69	1,9	124,6	115	1455	2913	8,90	737
4	11	29	Cu	cobre	63,55	1,9	127,8	117	1085	2562	8,96	746
4	12	30	Zn	zinco	65,38	1,7	133,2	125	420	907	7,14	905
4	13	31	Ga	gálio	69,72	1,8	122,1	125	30	2204	5,91	578
4	14	32	Ge	germânio	72,64	2,0	122,5	122	938	2833	5,32	763
4	15	33	As	arsênio	74,92	2,2	125	121	—	614***	5,75	947
4	16	34	Se	selênio	78,96	2,6	215,2	117	221	685	4,39	943
4	17	35	Br	bromo	79,90	3,0	—	114,2	–7	59	3,10	1140
4	18	36	Kr	criptônio	83,80	—	—	189	–157	–153	3,68	1353
5	1	37	Rb	rubídio	85,47	0,8	247,5	—	39	688	1,53	402
5	2	38	Sr	estrôncio	87,62	1,0	215,1	192	777	1382	2,64	549
5	3	39	Y	ítrio	88,91	1,2	181	162	1522	3345	4,47	599
5	4	40	Zr	zircônio	91,22	1,3	160	145	1855	4409	6,52	641
5	5	41	Nb	nióbio	92,91	1,6	142,9	134	2477	4744	8,57	654
5	6	42	Mo	molibdênio	95,96	2,2	136,2	129	2623	4639	10,2	683
5	7	43	Tc	tecnécio	(98)	2,1	135,8	—	2157	4265	11	704
5	8	44	Ru	rutênio	101,07	2,2	134	124	2334	4150	12,1	712
5	9	45	Rh	ródio	102,91	2,3	134,5	125	1964	3695	12,4	721
5	10	46	Pd	paládio	106,42	2,2	137,6	128	1555	2963	12,0	804
5	11	47	Ag	prata	107,87	1,9	144,4	134	962	2162	10,5	733
5	12	48	Cd	cádmio	112,41	1,7	148,9	141	321	767	8,69	867
5	13	49	In	índio	114,82	1,8	162,6	150	157	2072	7,31	557
5	14	50	Sn	estanho	118,71	2,0	140,5	140	232	2602	7,27	708
5	15	51	Sb	antimônio	121,76	2,1	182	141	631	1587	6,68	830
5	16	52	Te	telúrio	127,60	2,1	143,2	137	450	988	6,24	872
5	17	53	I	iodo	126,90	2,7	—	133,3	114	184	4,93	1010
5	18	54	Xe	xenônio	131,29	2,6	218	209	–112	–108	5,76	1173
6	1	55	Cs	césio	132,91	0,8	265,4	235	28	671	1,93	377
6	2	56	Ba	bário	137,33	0,9	217,3	198	727	1897	3,62	503
6	3	57-71		SÉRIE DOS LANTANÍDIOS								
6	4	72	Hf	háfnio	178,49	1,3	156,4	144	2233	4603	13,3	658
6	5	73	Ta	tântalo	180,95	1,5	143	134	3017	5458	16,4	729
6	6	74	W	tungstênio	183,84	1,7	137,0	130	3422	5555	19,3	758
6	7	75	Re	rênio	186,21	1,9	137,0	128	3816	5596	20,8	758
6	8	76	Os	ósmio	190,23	2,2	135	126	3033	5012	22,59	813
6	9	77	Ir	irídio	192,22	2,2	135,7	126	2446	4428	22,5	867
6	10	78	Pt	platina	195,08	2,2	138	129	1768	3825	21,5	863
6	11	79	Au	ouro	196,97	2,4	144,2	134	1064	2856	19,3	892
6	12	80	Hg	mercúrio	200,59	1,9	160	144	–39	357	13,53	1010
6	13	81	Tl	tálio	204,38	1,8	170,4	155	304	1473	11,8	591
6	14	82	Pb	chumbo	207,21	1,8	175,0	154	327	1749	11,3	716
6	15	83	Bi	bismuto	208,98	1,9	155	152	271	1564	9,79	704
6	16	84	Po	polônio	(209)	2,0	167	153	254	962	9,20	813
6	17	85	At	astato	(210)	2,2	—	—	302	337	—	—
6	18	86	Rn	radônio	(222)	—	—	—	–71	–62	9,74	1039
7	1	87	Fr	frâncio	(223)	0,7	270	—	27	677	—	394
7	2	88	Ra	rádio	(226)	0,9	223	—	700	1140	5	511
7	3	89-103		SÉRIE DOS ACTINÍDIOS								
7	4	104	Rf	rutherfórdio	(261)	—	—	—	—	—	—	—
7	5	105	Db	dúbnio	(262)	—	—	—	—	—	—	—
7	6	106	Sg	seabórgio	(266)	—	—	—	—	—	—	—
7	7	107	Bh	bóhrio	(264)	—	—	—	—	—	—	—
7	8	108	Hs	hássio	(277)	—	—	—	—	—	—	—
7	9	109	Mt	meitnério	(268)	—	—	—	—	—	—	—
7	10	110	Ds	darmstádtio	(271)	—	—	—	—	—	—	—
7	11	111	Rg	roentgênio	(272)	—	—	—	—	—	—	—
7	12	112	Cn	copernício	(277)	—	—	—	—	—	—	—
7	14	114	Fl	fleróvio	(289)	—	—	—	—	—	—	—
7	16	116	Lv	livermório	(292)	—	—	—	—	—	—	—

SÉRIE DOS LANTANÍDIOS

Nº	Símbolo	Nome	Massa atômica	Eletronegatividade	Raio atômico	Raio covalente	T. fusão	T. ebulição	Densidade	1ª energia de ionização
57	La	lantânio	138,91	1,1	187,7	169	918	3464	6,15	541
58	Ce	cério	140,12	1,1	182,5	165	798	3443	6,77	536
59	Pr	praseodímio	140,91	1,1	182,8	165	931	3520	6,77	528
60	Nd	neodímio	144,24	1,1	182,1	164	1021	3074	7,01	532
61	Pm	promécio	(145)	—	181,0	—	1042	3000	7,26	541
62	Sm	samário	150,36	1,2	180,2	166	1074	1794	7,52	545
63	Eu	európio	151,96	—	204,2	185	822	1529	5,24	549
64	Gd	gadolínio	157,25	1,2	180,2	161	1313	3273	7,90	595
65	Tb	térbio	158,93	—	178,2	159	1356	3230	8,23	566
66	Dy	disprósio	162,50	1,2	177,3	159	1412	2567	8,55	574
67	Ho	hólmio	164,93	1,2	176,6	158	1474	2700	8,80	582
68	Er	érbio	167,26	1,2	175,7	157	1529	2868	9,07	591
69	Tm	túlio	168,93	1,3	174,6	156	1545	1950	9,32	599
70	Yb	itérbio	173,05	—	194	170	819	1196	6,90	603
71	Lu	lutécio	174,97	1,0	173,4	156	1663	3402	9,84	524

SÉRIE DOS ACTINÍDIOS

Nº	Símbolo	Nome	Massa atômica	Eletronegatividade	Raio atômico	Raio covalente	T. fusão	T. ebulição	Densidade	1ª energia de ionização
89	Ac	actínio	(227)	1,1	187,8	—	1051	3198	10	499
90	Th	tório	232,04	1,3	179,8	—	1750	4787	11,7	608
91	Pa	protactínio	231,04	1,5	160,6	—	1572	4027	15,4	570
92	U	urânio	238,03	1,7	154	—	1135	4131	19,1	599
93	Np	netúnio	(237)	1,3	150	—	644	3902	20,2	603
94	Pu	plutônio	(244)	1,3	151	—	640	3228	19,7	582
95	Am	amerício	(243)	—	173	—	1176	2011	12	578
96	Cm	cúrio	(247)	—	174	—	1345	—	13,51	582
97	Bk	berquélio	(247)	—	170	—	1050	—	14,78	603
98	Cf	califórnio	(251)	—	169	—	900	—	15,1	608
99	Es	einstênio	(252)	—	203	—	860	—	—	620
100	Fm	férmio	(257)	—	—	—	1527	—	—	629
101	Md	mendelévio	(258)	—	—	—	827	—	—	637
102	No	nobélio	(259)	—	—	—	827	—	—	641
103	Lr	laurêncio	(262)	—	—	—	1627	—	—	—

Os dados contidos nesta tabela periódica estão de acordo com as recomendações de 1º junho 2012 da Iupac e da Iupap (International Union of Pure and Applied Chemistry/ International Union of Pure and Applied Physics ou, em português, União Internacional de Química Pura e Aplicada/União Internacional de Física Pura e Aplicada, respectivamente).
Em 2005, esta tabela foi revisada e atualizada sob consultoria de Reiko Isuyama (ex-professora do Instituto de Química da Universidade de São Paulo e integrante do Comitê Executivo do Comitê de Ensino de Química da Iupac) com colaboração de Jorge A. W. Gut (professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo).
Em 2010, esta tabela foi revisada e atualizada sob consultoria de Álvaro Chrispino (atual professor do Cefet-RJ e *Fellow* Iupac e representante nacional do Comitê de Educação Química da Iupac – até 2007).

Número de grandes desvios	Número de desvios pequenos ou inexistentes

Quadro MP.24 Atividade A3.

Questões

Q3. Com base nos resultados obtidos por meio da analogia em A2, vocês seriam capazes de imaginar o que produziria um desvio grande na trajetória das esferas?

Um copo carregado com areia, pois ele seria pesado.

Q4. Discutam com seus colegas e respondam: O que, no átomo, corresponderia a um obstáculo grande, que provocasse um grande desvio na trajetória das partículas alfa?

O núcleo atômico.

Q5. A partir dos dados obtidos em A3, calculem a proporção de esferas que sofrem um desvio significativo em relação ao número total de esferas. A partir desse dado, vocês podem inferir qual seria o tamanho do obstáculo em relação ao tamanho total do "átomo"?

Resposta pessoal do aluno.

Q6. Respondam às questões a seguir:

a) Meçam o diâmetro do obstáculo e a distância entre dois obstáculos. Por meio dessas medidas, estabeleçam a relação entre o diâmetro do obstáculo e o diâmetro total do "átomo" com o qual vocês estão trabalhando.

Resposta pessoal do aluno.

b) Comparem esse valor com o valor obtido em Q5 para a relação entre as esferas que sofreram desvios significativos e o total de esferas. O que vocês observam?

Resposta pessoal do aluno.

Q7. Geiger e Marsden obtiveram o resultado de que, em cada dez mil partículas alfa que interagiam com a lâmina de ouro, apenas uma sofria desvio significativo. Usando o valor do diâmetro do obstáculo que vocês mediram em Q6, calculem qual deveria ser o diâmetro total desse "átomo" de acordo com o resultado obtido por Geiger e Marsden.

Resposta pessoal do aluno.

Q8. Rutherford interpretou esses resultados admitindo que esse "obstáculo", que produzia desvios significativos na trajetória das partículas alfa, deveria corresponder a uma região central no átomo, muito pequena, em que toda a carga positiva e praticamente toda a massa estivesse concentrada. Ao redor desse núcleo positivo, orbitariam elétrons de carga negativa, cuja massa, já conhecida à época, era muito pequena. Discutam por que é possível fazer essa interpretação dos resultados da experiência.

Porque na nossa analogia, usaremos os copinhos leves como um simulacro de toda a carga distribuída pela esfera, pois com copinhos leves não obtemos grandes desvios. Já os copinhos cheios de areia, esses provocarão grandes desvios e por isso podem ser usados com análogos ao núcleo atômico.

Q9. Desenhem o modelo do átomo, segundo Rutherford.

Resposta pessoal do aluno.

Resolução de atividades, exercícios e questões

Atividades

A1. Nenhum fenômeno é observado.

A2. Os papéis picados são atraídos pela régua.

A3. O bastão de vidro atrai o canudinho.

A4. O pente repele o canudinho.

A6 a A10.

Substância	Cor resultante da queima da substância na chama
HCl	não altera a cor da chama
$BaCl_2$	verde
$CaCl_2$	laranja-avermelhado
$SrCl_2$	carmim (rubro)

Quadro MP.25 Atividades A6 a A10.

A11. a) Na coluna 2.

b) Mg: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2$ (2 elétrons de valência no nível $n = 3$); Ca: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2$ (2 elétrons de valência no nível $n = 4$)

c) É o mesmo subnível.

d) O número do nível de valência indica o período em que o elemento se encontra na tabela periódica. (Mg: $n = 3$ indica 3º período; Ca: $n = 4$ indica o 4º período)

e) Os elétrons perdidos localizavam-se no nível e subnível 3s para o magnésio e 4s para o cálcio. Mg^{2+}: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$ e Ca^{2+}: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$.

A12. a) Na coluna 1.

b) Na: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$ (1 elétron de valência no nível $n = 3$) e K: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1$ (1 elétron de valência no nível $n = 4$)

c) É o mesmo subnível.

d) O número do nível de valência indica o período em que o elemento se encontra na tabela periódica. (Na: $n = 3$ indica 3º período; K: $n = 4$ indica o 4º período)

e) Os elétrons perdidos localizavam-se no nível e subnível 3s para o magnésio e 4s para o cálcio. Na^+: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$ e K^+: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$.

A13. a) Na coluna 13.

b) Al: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^1$ (3 elétrons de valência no nível $n = 3$) e Ga: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 4p^1$ (3 elétrons de valência no nível $n = 4$)

c) É o mesmo subnível.

d) O número do nível de valência indica o período em que o elemento se encontra na tabela periódica. (Al: $n = 3$ indica 3º período; Ga: $n = 4$ indica o 4º período)

e) Os elétrons perdidos localizavam-se no nível e subnível 3s 3p para o alumínio e 4s 4p para o gálio. Al^{3+}: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$ e Ga^{3+}: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$.

A14. a) coluna 16

b) O: $1s^2\ 2s^2\ 2p^4$ (6 elétrons de valência no nível $n = 2$) e S: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^4$ (6 elétrons de valência no nível $n = 3$)

c) É o mesmo subnível.

d) O número do nível de valência indica o período em que o elemento se encontra na tabela periódica. (O: $n = 2$ indica 2º período; S: $n = 3$ indica o 3º período)

e) Os elétrons ganhos entram no nível e subnível 2p para o oxigênio e 3p para o enxofre. O^{2-}: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ e $S2^-$: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$.

A15. a) Na coluna 17.

b) Cl: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^5$ (7 elétrons de valência no nível $n = 3$) e Br: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $4s^2$ $3d^{10}$ $4p^5$ (7 elétrons de valência no nível $n = 4$)

c) É o mesmo subnível.

d) O número do nível de valência indica o período em que o elemento se encontra na tabela periódica. (Cl: $n = 3$ indica 3º período; Br: $n = 4$ indica o 4º período)

e) O elétron ganho entra no nível e subnível 3p para o cloro e 4p para o bromo. Cl–: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ e Br^-: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $4s^2$ $3d^{10}$ $4p^6$.

A16. a) Na coluna 18.

b) Ar: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ (8 elétrons de valência no nível $n = 3$) e Kr: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $4s^2$ $3d^{10}$ $4p^6$ (8 elétrons de valência no nível $n = 4$)

c) É o mesmo subnível.

d) O número do nível de valência indica o período em que o elemento se encontra na tabela periódica. (Ar: $n = 3$ indica 3º período; Kr: $n = 4$ indica o 4º período)

A17. a) Na coluna 8.

b) Fe: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $4s^2$ $3d^6$ (2 elétrons de valência no nível $n = 4$) e Ru: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $4s^2$ $3d^{10}$ $4p^6$ $5s^2$ $4d^6$ (2 elétrons de valência no nível $n = 5$)

c) É o mesmo subnível.

d) O número do nível de valência indica o período em que o elemento se encontra na tabela periódica. (Fe: $n = 4$ indica 4º período; Ru: $n = 5$ indica o 5º período)

A18. a) Na coluna 3.

b) Pr: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $4s^2$ $3d^{10}$ $4p^6$ $5s^2$ $4d^{10}$ $5p^6$ $6s^2$ $4f^3$ (2 elétrons de valência no nível $n = 6$) e Pa: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $4s^2$ $3d^{10}$ $4p^6$ $5s^2$ $4d^{10}$ $5p^6$ $6s^2$ $4f^{14}$ $5d^{10}$ $6p^6$ $7s^2$ $5f^3$ (2 elétrons de valência no nível $n = 7$)

c) É o mesmo subnível.

d) O número do nível de valência indica o período em que o elemento se encontra na tabela periódica. (Pr: $n = 6$ indica 6º período; Pa: $n = 7$ indica o 7º período)

A19. a) Na coluna 3.

b) Nd: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $4s^2$ $3d^{10}$ $4p^6$ $5s^2$ $4d^{10}$ $5p^6$ $6s^2$ $4f^4$ (2 elétrons de valência no nível $n = 6$) e U: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $4s^2$ $3d^{10}$ $4p^6$ $5s^2$ $4d^{10}$ $5p^6$ $6s^2$ $4f^{14}$ $5d^{10}$ $6p^6$ $7s^2$ $5f^4$ (2 elétrons de valência no nível $n = 7$)

c) É o mesmo subnível.

d) O número do nível de valência indica o período em que o elemento se encontra na tabela periódica. (Nd: $n = 6$ indica 6º período; U: $n = 7$ indica o 7º período)

Exercícios

E1. De acordo com as ideias de Aristóteles, a matéria seria contínua, ou seja, ele não considerava a existência de espaços vazios entre os átomos. Na sua concepção, a matéria poderia ser dividida até que se chegasse a pequenas partículas que ele denominou mínimos naturais. Esses grãos de matéria seriam a menor parte possível do material, e exibiriam todas as suas propriedades – poderiam se dilatar, se fundir, etc. De acordo com o modelo sugerido por Leucipo, Demócrito e Epicuro, a matéria seria constituída por átomos e espaços vazios.

E2. O modelo atômico proposto por Thomson considera que o átomo é uma esfera de carga positiva, uniformemente distribuída pela esfera, na qual há partículas com carga negativa incrustadas, denominadas elétrons.

E3. Os raios X são radiações eletromagnéticas de origem extranuclear. A radioatividade é uma radiação de origem nuclear, ou seja, que é emitida pelo núcleo de alguns átomos.

E4. Os raios X foram descobertos por Wilhelm C. Röntgen, em 1895. Na época ele trabalhava com as chamadas válvulas de Hittorf, com as quais estudava a condutividade de gases. Numa noite, quando a válvula estava totalmente coberta com cartolina negra e a sala estava completamente às escuras, uma folha de papel tratada com platinocianeto de bário que estava a certa distância da válvula começou a brilhar, emitindo luz. Perplexo, o cientista fez vários outros testes até que sua mão escorregou em frente à válvula e ele viu os próprios ossos na tela. Descobrira "um novo tipo de raio", conforme ele mesmo explicou em sua primeira publicação sobre o assunto.

E5. A radioatividade foi descoberta por Becquerel, em 1896, quando fazia experimentos utilizando um sal de urânio que, como toda substância radioativa, é fosforescente. Ele cobria chapas fotográficas com folhas de papel negro grosso, colocando sobre o papel uma camada do sal de urânio e expunha o conjunto ao Sol por várias horas. Ao revelar a chapa fotográfica, percebia a silhueta da substância fosforescente em negro sobre o negativo. Num dia nublado, colocou amostras de urânio sobre chapas fotográficas envoltas em papel opaco à luz dentro de uma gaveta escura. Quando revelou as chapas, encontrou silhuetas muito nítidas do sal de urânio. Concluiu, então, que o sal de urânio emitia raios capazes de penetrar no papel negro, tivesse ou não sido exposto previamente à luz do Sol. Estava descoberta a radioatividade.

E6. As partículas alfa são radiações emitidas por átomos radioativos ao sofrerem decaimento. Essas partículas são positivas.

E7. a) Os símbolos a seguir devem estar em todas as embalagens e equipamentos que contenham substâncias radioativas. Sua cor e tamanho podem variar, mas geralmente são vermelho ou preto sobre fundo amarelo.

Figura MP.17 Exercício E7.

b) Atitudes a serem tomadas ao encontrar um material com esse símbolo:

- Nunca tocar no material radioativo;
- Ficar distante da fonte e, se possível, colocar o que tiver disponível entre a pessoa e ela;
- Avisar outras pessoas e isolar a área;
- Entrar em contato com o serviço de emergência da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen) mais próximo. (A Cnen é o órgão federal, vinculado ao Ministério da Ciência e Tecnologia, que estabelece normas e regulamentos em radioproteção. É responsável pelo licenciamento, fiscalização e controle de toda atividade nuclear no Brasil.)

c) Os materiais radioativos devem ser armazenados em cápsulas blindadas que evitam a passagem da radiação. Caso um equipamento desse tipo seja encontrado sem identificação, deve-se ter os mesmos cuidados indicados na questão anterior (b).

E8. a) Sim. Dois exemplos são as micro-ondas e os raios X.

b) A radiação mais energética é a ultravioleta.

E9. Um espectro descontínuo é aquele constituído por um conjunto de comprimentos de ondas discretos. Esse espectro é composto por um conjunto de linhas.

E10. De acordo com Bohr, quando um átomo recebe energia, seus elétrons podem saltar para níveis mais energéticos. Ao retornarem ao estado fundamental, eles emitirão essa energia em frequências bem características, que constituem o espectro de linhas.

E11. De acordo com Bohr, o átomo é um núcleo pequeno e carregado positivamente, cercado por um grande espaço vazio, a eletrosfera, onde os elétrons se movem em órbitas circulares. Para apresentar seu modelo, Bohr sugere os seguintes postulados:

- Os elétrons movimentam-se em volta do núcleo em órbitas circulares.
- O elétron se move em órbitas determinadas, chamadas de estados estacionários.
- Ao se mover em um desses estados estacionários, o elétron mantém sua energia total constante.
- Quando um elétron muda de um estado estacionário mais energético para outro menos energético, ele emite radiação eletromagnética.

Questões

Comentário sobre as questões de Q1 a Q6: Lembramos que as questões para discussão têm como principal objetivo possibilitar que os alunos discutam entre si (em grupos) os resultados obtidos experimentalmente e tentem elaborar modelos para explicá-los. Não se espera, necessariamente, que eles saibam responder e/ou justificar todas as questões. A discussão que os ajudará a compreender as ideias científicas envolvidas deverá ocorrer ao longo da atividade, com a sua ajuda.

Q1. Houve atração entre a régua e os papéis picados (A2) e entre o bastão de vidro e o canudinho (A3).

Q2. Houve repulsão apenas entre o pente e o canudinho (A4).

Q3. Porque os materiais devem estar eletrizados para que forças de atração ou repulsão elétricas apareçam. Com o atrito, haverá troca de cargas elétricas entre os materiais.

Q4. Esses fenômenos de atração e repulsão elétrica sugerem que os materiais devem ser constituídos por partículas carregadas eletricamente.

Q5. a)

Ilustrações: Avits/Arquivo da editora

Figura MP.18 Canudinho e bastão de vidro apresentam o mesmo número de cargas positivas e negativas antes do atrito, pois são eletricamente neutros.

b)

Figura MP.19 O canudinho fica com excesso de cargas negativas.

c)

Figura MP.20 O bastão de vidro fica com excesso de cargas positivas.

d)

Figura MP.21 O canudinho fica com excesso de cargas negativas.

Figura MP.22 O pente fica com excesso de cargas negativas.

Q6. O átomo, por ser a partícula constituinte da matéria, também apresenta cargas negativas e positivas e em igual número, pois a matéria é eletricamente neutra.

Comentário: Em geral, os alunos têm dificuldade de responder a essa questão sem a ajuda do professor. Seria interessante, após discutir as representações de cargas elétricas nos materiais, pedir que representem um modelo baseando-se nas discussões/correções feitas.

Q7.

Objetos atritados	Material carregado positivamente	Material carregado negativamente
régua com papel toalha	papel	plástico
canudinho com papel toalha	papel	plástico
bastão de vidro com papel toalha	vidro	papel
pente com cabelo	cabelo humano	plástico

Quadro MP.26 Questão Q7.

Q8. Os pesquisadores esperavam que a maioria das partículas alfa atravessasse a lâmina sofrendo apenas pequenos desvios.

Q9. Os pesquisadores não esperavam, mas um número muito pequeno de partículas alfa sofreu desvios significativos, algumas tendo sido totalmente refletidas.

Q10. Rutherford procurou interpretar esses resultados propondo um novo modelo para o átomo. Para justificar os grandes desvios inesperados, propôs que no átomo haveria uma região muito pequena, na qual se concentrariam as cargas positivas, responsáveis pela repulsão das partículas alfa, também de carga positiva. Em torno do núcleo haveria uma região, chamada eletrosfera, formada praticamente por espaços vazios, o que justificaria o fato de a maioria das partículas alfa atravessar a lâmina de ouro sem sofrer desvios significativos.

Q11. Segundo Rutherford, existem duas regiões distintas no átomo:

- o núcleo, pequena região central, onde ficam os prótons, as partículas com carga positiva. A massa do átomo está quase toda concentrada nessa região;
- a eletrosfera, grande espaço vazio na região mais externa do átomo, onde ficam os elétrons, partículas com carga negativa.
- Rutherford desconfiou também da presença de partículas sem carga elétrica (os nêutrons), que estariam com os prótons no núcleo do átomo; isso porque o resultado da soma das massas dos prótons era muito menor do que a massa total do átomo.

Q12. Pesquisa a ser desenvolvida pelos alunos.

Q13. Todos os elementos da mesma coluna (17): F (flúor), Br (bromo), I (iodo) e At (astato).

Q14. Todos os elementos da mesma coluna (14): Si (silício), Ge (germânio), Sn (estanho) e Pb (chumbo).

Q15.

Símbolo do elemento	Nome	Número atômico (Z)
Ca	cálcio	20
F	flúor	9
Fe	ferro	26
K	potássio	19
Na	sódio	11
O	oxigênio	8
N	nitrogênio	7
Mg	magnésio	12
Mn	manganês	25
S	enxofre	16
Co	cobalto	27
Cu	cobre	29
C	carbono	6
Cl	cloro	17

Quadro MP.27 Questão Q15.

Q16.

Cor	Comprimento de onda (μm)	Frequência (Hz)
verde	0,55	$5,45 \times 10^{14}$
laranja-avermelhado	0,65	$4,62 \times 10^{14}$
carmim (rubro)	0,70	$4,29 \times 10^{14}$

Quadro MP.28 Questão Q16.

Observação: Para calcular a frequência, deve-se dividir a velocidade da luz (3×10^8 m/s) pelo comprimento de onda (m).

Q17. Verde, pois tem a maior frequência.

Q18. Carmim, pois tem a menor frequência.

Q19. A radiação de micro-ondas corresponde a uma energia menor do que a da região visível.

Q20. Os raios X estão em uma região que corresponde a uma energia maior do que a da região visível. Os raios X, portanto, têm mais energia que os raios ultravioleta, que já são muito prejudiciais (elevada exposição pode causar câncer de pele). Por terem muita energia, os raios X são muito penetrantes, podendo causar graves prejuízos ao organismo.

Q21. Note que, na figura 6.46, há quatro linhas no espectro atômico do hidrogênio, cujas cores e comprimentos de onda podem ser lidos diretamente na figura (primeira e segunda colunas). Para calcular a energia correspondente a esses comprimentos de onda, deve-se usar a expressão $E = h\upsilon$. Como não temos a frequência, υ, devemos calcular pelo comprimento de onda, λ. Portanto: $\upsilon = v/\lambda$, então $E = h = v/\lambda$, em que v é a velocidade da onda; nesse caso, a velocidade da luz: $v = 3 \times 10^8$ m/s. Calcula-se a energia E correspondente a cada linha do espectro preenchendo a terceira coluna. A quarta coluna é preenchida verificando, na figura, entre quais níveis de energia ocorreu a transição correspondente a essa energia. Se quiser verificar, basta subtrair a energia dos níveis, dadas na figura, e também encontrará os valores obtidos usando a fórmula de Planck.

Cores das linhas no espectro	Comprimento de onda (m)	Energia correspondente (J)	Transmissão entre os níveis
vermelho	$656,3 \times 10^{-9}$	$3,03 \times 10^{-19}$	3 e 2
verde	$486,1 \times 10^{-9}$	$4,09 \times 10^{-19}$	4 e 2
azul	$434,1 \times 10^{-9}$	$4,58 \times 10^{-19}$	5 e 2
violeta	$410,1 \times 10^{-9}$	$4,85 \times 10^{-19}$	6 e 2

Quadro MP.29 Questão Q21.

Q22.

Símbolo	a) Coluna	b) Número atômico (Z)	c) Número de prótons	d) Número de elétrons
Na	1	11	11	11
Na^{+}	1	11	11	10
Ca	2	20	20	20
Ca^{2+}	2	20	20	18
Al	13	13	13	13
Al^{3+}	13	13	13	10
C	14	6	6	6
N	15	7	7	7
O	16	8	8	8
O^{2-}	16	8	8	10
Cl	17	17	17	17
Cl^{-}	17	17	17	18
Fe	8	26	26	26
Fe^{2+}	8	26	26	24
Fe^{3+}	8	26	26	23
Cu	11	29	29	29
Cu^{2+}	11	29	29	27
Zn	12	30	30	30
Zn^{2+}	12	30	30	28
Ne	18	10	10	10

Quadro MP.30 Questão Q22.

Q23. a) Átomos neutros: número de elétrons é igual ao número de prótons.

b) Cátions: número de elétrons é menor do que o número de prótons.

c) Ânions: número de elétrons é maior do que o número de prótons.

Q24.

	a)	b)	c)	d)	e)	f)
Símbolo	**Coluna**	**Número atômico (Z)**	**Número de massa (A)**	**Número de prótons**	**Número de elétrons**	**Número de nêutrons**
^{1}H	1	1	1	1	1	0
^{3}H	1	1	3	1	1	2
^{12}C	14	6	12	6	6	6
^{14}C	14	6	14	6	6	8
^{16}O	16	8	16	8	8	8
^{18}O	16	8	18	8	8	10
^{23}Na	1	11	23	11	11	12
^{107}Ag	11	47	107	47	47	60
^{109}Ag	11	47	109	47	47	62

Quadro MP.31 Questão Q24.

Q25.

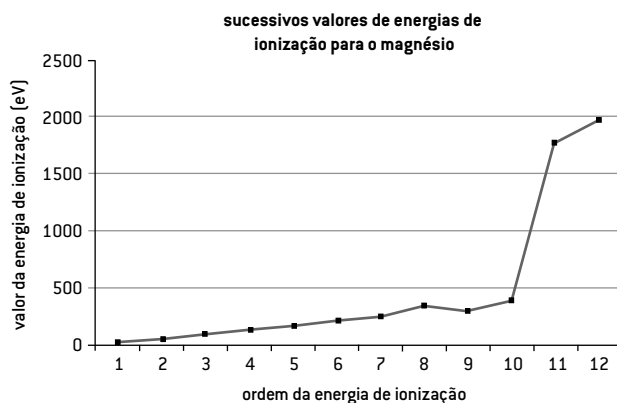



Figura MP.23 Questão Q25.

Q26. Os valores de energia de ionização aumentam à medida que se ioniza mais um elétron porque, quanto mais próximo do núcleo o elétron se encontra, mais fortemente ele está atraído pelo núcleo. Além disso, à medida que cada elétron é retirado, a carga efetiva sobre os elétrons ainda não ionizados se torna maior. (Veja equação da Lei de Coulomb.)

Q27. Entre o 2º e o 3º elétrons e entre o 10º e o 11º elétrons.

Q28. Como há uma grande diferença nas energias de ionização, há mudança de nível de energia do 2º para o 3º elétron e do 10º para o 11º elétron.

Q29. No máximo 2 elétrons no primeiro nível e 8 elétrons no segundo nível.

Q30.

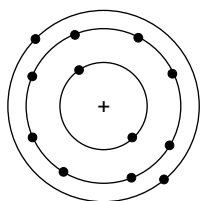



Figura MP.24 Questão Q30.

Q31. Mg: 3ª linha (3º período) e 2ª coluna.

Q32.

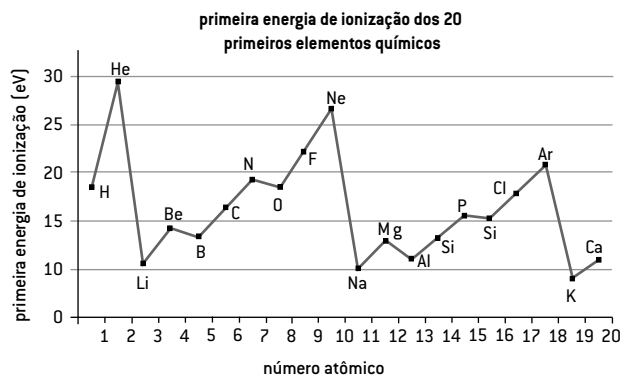



Figura MP.25 Questão Q32.

Q33. a) A energia de ionização aumenta com o aumento do número atômico.

b) A energia de ionização diminui com o aumento do número atômico.

Q34. Como todos os elementos de um mesmo período apresentam igual número de níveis de energia, quanto maior o número atômico, maior a atração entre os prótons e os elétrons de um átomo e, portanto, maior a energia de ionização.

Q35. Em uma mesma coluna, à medida que o número atômico aumenta e passa-se de um período a outro, há aumento do número de níveis de energia. Quanto mais distante do núcleo o elétron está, menor a força de atração do núcleo sobre ele e, portanto, menor a primeira energia de ionização dos elementos.

Q36.

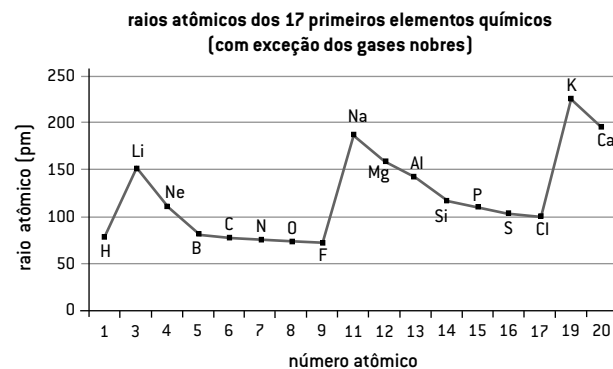



Figura MP.26 Questão Q36.

Q37. a) Num mesmo período, o raio atômico diminui à medida que o número atômico aumenta.

b) Numa mesma coluna, o raio atômico aumenta à medida que o número atômico aumenta.

Q38. Num mesmo período, como os elétrons vão sendo distribuídos num mesmo nível, são cada vez mais fortemente atraídos pelo núcleo. Com o aumento do número atômico, aumenta o número de prótons no núcleo e, consequentemente, a carga nuclear. Dessa maneira, os elétrons que vão sendo distribuídos num mesmo nível são cada vez mais fortemente atraídos pelo núcleo, e o raio atômico diminui.

Q39. Apesar do aumento da carga nuclear, numa mesma coluna os elementos têm sempre um nível de energia a mais que o elemento do período anterior, fazendo o raio atômico aumentar.

Q40. Porque todos os elementos do 4º período da tabela apresentam a mesma configuração eletrônica até o 18º elétron, que

é a mesma configuração eletrônica do elemento argônio. Apenas a partir do 19º elétron é que a configuração muda para cada elemento. Desta forma, a representação [Ar] $3d^6$ $4s^2$ significa que a configuração eletrônica do ferro é a configuração eletrônica do Ar mais os subníveis $3d^6$ $4s^2$, ou seja, $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $3d^6$ $4s^2$.

Q41. Porque para esses elementos os elétrons do subnível mais energético (sempre *s* ou *p*) estão também no nível mais energético. Além disso, todos os átomos de uma mesma coluna têm a mesma configuração eletrônica, nos subníveis, para os seus elétrons de valência. São essas características que explicam o fato de que para os elementos representativos de uma mesma coluna as propriedades são semelhantes.

Q42. Os elementos das colunas de 3 a 12 não apresentam as propriedades marcadamente diferentes em relação às colunas vizinhas. Isso ocorre porque a diferença na configuração eletrônica entre os elementos de colunas vizinhas recai sobre os elétrons mais internos, de um nível de energia menor do que o último nível. Os elementos das colunas de 3 a 12, que, portanto, diferem entre si no preenchimento de um subnível *d*, interno, são chamados elementos de transição ou metais de transição, uma vez que todos são metais.

Q43. Para os elementos que constituem a série dos lantanídios e actinídios, o subnível *f* é o último a ser preenchido e a diferença em suas configurações eletrônicas recai sobre os elétrons situados nesse subnível, que está no antepenúltimo nível de energia. Assim, esses elementos têm a mesma configuração eletrônica para seus elétrons situados no último nível e no penúltimo nível. Não há, portanto, nenhuma diferença entre elementos situados num mesmo período no que diz respeito aos elétrons de valência. Todos esses elementos, das séries de lantanídios e actinídios, vão ter propriedades muito semelhantes e, por isso mesmo, vários deles são encontrados juntos num mesmo mineral. Por isso, esses elementos recebem o nome de elementos de transição interna e estão todos situados na mesma coluna da tabela periódica.

Q44. Os halogênios, elementos da coluna 17, apresentam 7 elétrons de valência e seu subnível mais energético é o p^5, o que significa que falta um elétron para completá-lo. Então, têm tendência a formar ânions com carga -1 e sua valência principal é 1. No entanto, podem apresentar valência 3, 5 e 7 quando usam seus elétrons de valência na formação de ligações covalentes. Os metais alcalinoterrosos, elementos da coluna 2, apresentam 2 elétrons de valência que tendem a perder para formar cátions $+2$.

Q45. O caráter metálico na tabela aumenta dos halogênios para os metais alcalinos. Isso ocorre porque os metais perdem elétrons com facilidade, já que, comparativamente, apresentam maior raio atômico e menor energia de ionização.

Q46. O caráter não metálico na tabela aumenta dos metais alcalinos para os halogênios. Isso ocorre porque os não metais ganham elétrons com facilidade, já que, comparativamente, apresentam menor raio atômico e maior energia de ionização.

Q47. Porque, de maneira geral, os elementos que apresentam caráter metálico são energeticamente mais estáveis na forma iônica. Por isso, a maioria dos metais é encontrada na natureza na forma de minerais e a obtenção do metal puro envolve reações que consomem muita energia.

Q48. Energia elétrica para o alumínio e energia na forma de calor para o ferro.

Q49. Esses metais reagem violentamente com a água, produzindo hidrogênio gasoso, que é um gás inflamável. Por isso, são armazenados em querosene evitando seu contato com a água.

Q50. SO_2 (g) + H_2O (l) $\rightarrow$ H_2SO_3 (aq) (ácido sulfuroso)
ou
SO_3 (g) + H_2O (l) $\rightarrow$ H_2SO_4 (aq) (ácido sulfúrico)

Q51. c

Q52. a

Q53. d

Q54. a

Q55. a) Esse conceito explica os grandes desvios sofridos pelas partículas alfa porque o núcleo concentra toda a carga positiva do átomo num espaço muito menor do que o volume do átomo. Assim, as partículas alfa que se aproximavam muito dos núcleos sofriam fortes repulsões eletrostáticas e grandes desvios.

b) Como os grandes desvios são função da carga nuclear, o uso de lâminas de alumínio, um metal de baixa carga nuclear ($Z = 13$, enquanto o ouro tem $Z = 79$), provocaria a diminuição da fração de partículas alfa fortemente desviadas.

Q56. b

Q57. b

Q58. a

Q59. d

Q60. a) O diagrama 2 não corresponde a nenhum elemento, pois as sucessivas energias de ionização dos elétrons do átomo de um elemento químico têm valores crescentes.

b) Sódio (Na). 2, 8, 1. Como há um grande aumento no valor da energia de ionização do 1º para o 2º elétron, significa que há transição de nível de energia, sendo, portanto, um elemento com 1 elétron de valência. Como é do 3º período, tem três níveis de energia.

Q61. a) 35 e 37.

b) $AlCl_3$ — cloreto de alumínio.

Q62. b

Q63. e

Q64. $1 + 8 + 16 = 25$

Q65. a

Q67. e

Q68. b

Q69. b

Q70. a

Q71. a

Q72. c

Q73. d

Q74. a

Q75. d

Q76. a

Q77. d

Q78. d

Q79. c

Q80. d

Q81. c

Q82. d

Q83. b

Q84. d

Q85. c

Q86. d

Q87. d

Q88. d

Q89. e

Q90. d

Q91. b

Q92. a

Q93. Modelo atômico de Bohr. O átomo de hidrogênio formado por um próton, localizado no núcleo, e um elétron, girando em volta.

Sugestões de leitura para formação do professor

Modelos para o átomo

- BOFF, E.; FRISON, M. D. Explorando a existência de cargas elétricas na matéria. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, v. 3, 1996. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc03/relatos.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

O presente relato refere-se a uma experiência desenvolvida em uma escola de Ensino Médio, com enfoque na introdução ao estudo da estrutura da matéria.

- BOHR, N. *Física atômica e conhecimento humano:* ensaios 1932-1957. Rio de Janeiro: Contraponto, 2009.

Neste livro o autor reflete sobre o impacto dos novos conceitos da mecânica quântica sobre outras disciplinas cientificas, a cultura e os destinos do ser humano.

- CHAGAS, A. P. Os noventa anos de *Les Atomes*. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 19, maio 2004, p. 27-30. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc17/a09.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

Em 1913, foi lançado, em Paris, o livro *Les Atomes*, de Jean Perrin, que é um marco na história das ciências, pois reuniu evidências experimentais sobre a existência dos átomos e moléculas.

- CHASSOT, A. I. Prováveis modelos de átomos. *Química* Nova *na Escola*. São Paulo: SBQ, v. 3, 1996. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc03/ensino.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.
- FENELON, S.; ALMEIDA, S. de S. Memória da radiologia brasileira: A histórica visita de Marie Curie ao Instituto do Câncer de Belo Horizonte. *Radiologia Brasileira*. São Paulo, v. 34, n. 4, jul./ago. 2001. Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-39842001000400002&tlng=en&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 25 abr. 2012.
- FILGUEIRAS, C. A. L. Espectroscopias e Química. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, v. 3, 1996. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc03/historia.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

Este artigo apresenta a história do desenvolvimento da espectroscopia e suas extraordinárias e imediatas consequências para a ciência, em particular para entendermos a estrutura da matéria.

- ___. Duzentos anos da teoria atômica de Dalton. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 20, nov. 2004. p. 38-44. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc20/v20a07.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

Este artigo faz uma breve resenha de aspectos das teorias filosóficas que precederam a elaboração daltoniana e procura mostrar o encadeamento que levou ao aparecimento da obra do químico inglês.

- GRACETTO, A. C.; HIOKA N.; SANTIN FILHO, O. Combustão, chamas e testes de chama para cátions: proposta de experimento. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 23, maio 2006. p. 43-8. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc23/a11.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

Este artigo mostra como se obter chamas dos dois tipos e como avaliar qualitativamente os produtos obtidos, em função da relação combustível/oxigênio na chama.

- HARRES, J. B. S. Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências,* vol. 4, n. 3, pp. 197-211, 1999. Disponível em <www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID53/v4_n3_a1999.pdf>

Este artigo discute as diversas concepções sobre natureza da ciência que são apresentadas por professores. Essas concepções são relevantes porque elas delimitam como o professor pensa as relações entre teoria e evidência, que são fundamentais para a construção de modelos atômicos.

- MEDEIROS, A. Aston e a descoberta dos isótopos. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, v. 10, 1999. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/historia.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

O artigo apresenta a descoberta dos isótopos, que foi decisiva para definir conceitos importantes para a Química e para a Física na primeira metade do século passado.

- MELEIRO, A.; GIORDAN, M. Hipermídia no ensino de modelos atômicos. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, v. 10, 1999. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/eqm.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

Este artigo discute as imagens científicas veiculadas pela mídia, tanto no que diz respeito aos meios empregados para realizá-las como no que se refere ao pensamento científico.

- OKI, M. C. M. O conceito de elemento da Antiguidade à modernidade. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 16, nov. 2002. p. 21-5. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc16/v16_A06.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

Este artigo apresenta a evolução histórica do conceito de elemento, destacando-o como um conceito estruturante da Química.

- ___. O Congresso de Karlsruhe e a busca de consenso sobre a realidade atômica no século XIX. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 26, nov. 2007. p. 24-8. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc26/v26a07.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2012.

O artigo apresenta divergências a respeito de questões fundamentais para o avanço da Química como debates sobre o atomismo. Na busca de consenso sobre tais questões, bem como de regras para o seu adequado funcionamento, os cientistas reuniram-se em muitos congressos científicos, sendo o mais importante deles o Congresso de Karlsruhe, o primeiro congresso internacional que aconteceu em 1860, discutindo definições de átomos, moléculas e equivalentes e buscando trazer coerência para as disputas nesse campo.

- ROCHA, J. R. C.; CAVICCHIOLI, A. Uma abordagem alternativa para o aprendizado dos conceitos de átomo, molécula, elemento químico, substância simples e substância composta, nos ensinos Fundamental e Médio. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 21, maio 2005. p. 29-33. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc21/v21a06.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2012.

O artigo apresenta uma alternativa de procedimento pedagógico para trabalhar os conceitos: átomo, molécula, elemento químico, substância simples e substância composta.

- ROCHA-FILHO, R. C.; TOLENTINO, M. O átomo e a tecnologia. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, v. 3, 1996. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc03/quimsoc.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2012.

Este artigo apresenta o ensino da estrutura do átomo como um rico manancial de fatos que resultaram em aplicações importantes ou explicaram fenômenos do dia a dia.

- ROMANELLI, L. I. O papel mediador do professor no processo de ensino-aprendizagem do conceito átomo. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, v. 3, 1996. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc03/pesquisa.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

Este artigo relata uma investigação sobre o papel mediador do professor no processo de ensino-aprendizagem do conceito átomo.

- SIMONI, J. A.; TUBINO, M. Determinação de raios atômicos. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, v. 9, 1999. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc09/exper1.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2012

O artigo apresenta um experimento, que trata da determinação dos raios atômicos de alguns metais.

- SOUZA, V. C. de A.; JUSTI, R. da S.; FERREIRA, P. F. M. Analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Bohr: uma análise crítica sobre o que os alunos pensam a partir delas. *Investigações em Ensino de Ciências*. v. 11, 2006. p. 7-28. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol11/n1/v11_n1_a1.htm>. Acesso em: 25 ago. 2012.

O artigo apresenta uma pesquisa à respeito de como os alunos do Ensino Médio compreendem os modelos atômicos propostos por J. J. Thomson e Niels Bohr, a partir das analogias usadas para apresentá-los e explicá-los.

- STRATHERN, P. *Bohr e a teoria quântica em 90 minutos*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1999.

Este livro explica os avanços na Física e na compreensão da estrutura atômica proporcionados pelas descobertas do cientista dinamarquês Niels Bohr.

Tabela periódica

- MEDEIROS, M. A. *A informática no ensino de Química: análise de um software para o ensino de tabela periódica*. XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV Eneq). Disponível em: <www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0749-2.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

O artigo apresenta análise e avaliação do conteúdo tabela periódica, em dois livros didáticos; proposta de um *software* educativo e proposta de atividades para o desenvolvimento do conhecimento sobre periodicidade das propriedades dos elementos.

- STRATHERN, P. *O sonho de Mendeleev*: a verdadeira história da Química. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2002.

O livro conta a história da Química desde os gregos, abordando desde a alquimia até a fissão do átomo.

- TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C.; CHAGAS, A. P. Alguns aspectos históricos da classificação periódica dos elementos químicos. *Química Nova*. São Paulo: SBQ, 1997. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v20n1/4922.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

O artigo aborda aspectos históricos da classificação dos elementos, como a elaboração da tabela periódica dos elementos, as primeiras tentativas de classificação, as propostas de Meyer e Mendeleev, etc.

Radiação eletromagnética

- BARTHEM, R. *A luz*. São Paulo: Editora Livraria da Física/Sociedade Brasileira de Física, 2005.

Este livro faz parte da coleção “Temas atuais em Física”, uma série de livros de divulgação científica realizada em parceria com a Sociedade Brasileira de Física (SBF). Apresenta noções básicas sobre a formação de imagens, descreve a óptica do olho humano e de alguns sistemas ópticos.

- CARVALHO, R. P. *Micro-ondas*. São Paulo: Editora Livraria da Física/Sociedade Brasileira de Física, 2005.

Este livro também faz parte da coleção “Temas atuais em Física” e apresenta um resumo das características e

aplicações das micro-ondas, geralmente não encontradas em bibliografias de livros de Física básica.

- CHASSOT, A. I. Raios X e radioatividade. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, v. 2, 1995. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc02/historia.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2012.

Neste artigo, são comentadas duas descobertas muito próximas: os raios X e a radioatividade, mistérios que fizeram revelações no século passado.

- DORIA, M. M.; MARINHO, F. *Ondas e bits*. São Paulo: Editora Livraria da Física/Sociedade Brasileira de Física, 2005.

Este é mais um livro da coleção “Temas atuais em Física”. Neste exemplar é apresentada uma reflexão sobre os princípios da Física ondulatória.

- LICHTENTHÄLER FILHO, R.; PORTELA, F. *Energia nuclear*. São Paulo: Ática, 1998.
- MERÇON, F.; QUADRAT, S. V. A radioatividade e a História do tempo presente. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 17, maio 2003. p. 36-8. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc19/a08.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2012.

O artigo aborda a questão da utilização da energia das reações nucleares a partir da segunda metade do século XX, quando temas como o uso de armas atômicas ou a construção de usinas nucleares foram amplamente debatidos pela opinião pública.

- OKUNO, E. *Radiações*: efeitos, riscos e benefícios. São Paulo: Harbra, 1988.

O livro apresenta informações sobre a radioatividade, destacando os riscos e benefícios de cada radiação.

- PARKER, S. *Marie Curie e a radioatividade*. Trad. Sílvio Ferreira. São Paulo: Scipione, 1996.

O livro fala sobre a vida e a obra de Marie Curie, uma das primeiras mulheres reconhecidas pela sua dedicação à ciência.

- STRATHERN, P. *Curie e a radioatividade em 90 minutos*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2000.

Este livro é um relato da vida e do trabalho de Marie Curie com o elemento rádio, que permitiu progressos na Física nuclear e no tratamento do câncer.

Sugestões de páginas na internet

Modelos para o átomo

<http://phet.colorado.edu/sims/hydrogen-atom/hydrogen-atom_pt.jnlp>

Nesta página você vai ter acesso a um simulador de modelos atômicos para o átomo de hidrogênio, feito pelo Departamento de Física da Universidade do Colorado (EUA). Interagindo com os recursos deste simulador, você pode testar diferentes modelos atômicos para o átomo de hidrogênio e comparar as suas previsões com os resultados experimentais. Acesso em: 29 ago. 2012.

<http://cwx.prenhall.com/petrucci/medialib/media_portfolio/text_images/006_RUTHER FORD.MOV>

Página que apresenta um pequeno vídeo feito pelo Departamento de Física da Universidade de Cincinnati mostrando uma simulação para a experiência de Rutherford. O vídeo é em inglês, mas é possível visualizar bem o que ocorre com as partículas alfa. Acesso em: 25 abr. 2012.

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/recursos/15098/Web/labvirtq/simulacoes/tempUpLoad/sim_qui_passeiodiferente.htm>

Simulação que tem como objetivo rever os conceitos de estrutura atômica e o número de massa, número de elétrons e prótons (massa atômica). A simulação mostra um aluno que irá fazer uma prova de Química sobre estrutura atômica e, na fazenda de seu avô, descobre que lá também ele pode aprender sobre os átomos. Acesso em: 29 ago. 2012.

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=10471>

Permite investigar os modelos clássicos e quânticos do átomo de hidrogênio e analisar o diagrama de níveis de energia e espectro emitido. Acesso em: 29 ago. 2012.

<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/18565>

Animação que aborda o modelo de Dalton. Acesso em: 10 jan. 2013.

<http://phet.colorado.edu/pt/simulation/balloons>

A simulação “Balões e eletricidade estática” permite ao professor introduzir a natureza elétrica dos materiais. Acesso em: 10 jan. 2013.

<http://youtube/1dPv5WKBz9k>

O vídeo “Rayos catódicos” apresenta as propriedades desses raios em uma ampola como a de Crookes. Acesso em: 10 jan. 2013.

<http://phet.colorado.edu/pt_BR/ simulation/rutherford-scattering>

A simulação apresenta uma representação para o experimento de Rutherford no nível submicroscópico. Acesso em: 10 jan. 2013.

<http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/essentialchemistry/flash/ruther14.swf>

Nesta animação podemos conferir o resultado esperado por Rutherford de acordo com o modelo de Thomson e os resultados obtidos. Apresenta uma representação do experimento de Rutherford em nível macroscópico. Acesso em: 07 fev. 2013.

<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/17906>

O *site* apresenta uma simulação do modelo de Bohr. Acesso em: 07 fev. 2013.

Radioatividade

Vídeos da série radioatividade do portal pontociência disponíveis em www.pontociencia.org.br. Os vídeos abordam aspectos históricos por meio de animações que ilustram os experimentos realizados pelos cientistas da época.

1. **"O experimento de Becquerel"** – o que é radiação e radioatividade

Disponível em: <http://www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=567&RADIOATIVIDADE+ATRAVES+D E+EXPERIMENTOS+O+EXPERIMENTO+DE+BECQUEREL>. Acesso em: 10 jan. 2013.

2. **"O mistério de Rutherford"**

Disponível em: <http://www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=540&O+MISTERIO+DE+RUTHERFORD>. Acesso em: 10 jan. 2013.

3. **"Radioatividade – partículas alfa e beta"**

Disponível em: <http://www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=671&RADIO ATIVIDADE+PARTICULAS+ALFA+E+BETA>. Acesso em: 10/01/2013.

4. **"O desvio da partícula beta"**

Disponível em: <http://www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=538&O+DESVIO+DA+PARTICULA+ BETA>. Acesso em: 10 jan. 2013.

Tabela periódica

<www.qui.ufmg.br/~quipad/ino/programas/quipta4.01-full.exe>

Nesta página você pode fazer *download* gratuito do *software* QuipTabela, que apresenta uma tabela periódica a partir da qual se pode acessar mais de trinta informações sobre cada um dos elementos químicos. É possível também criar tabelas e gráficos a partir de propriedades periódicas. Existe a possibilidade do acesso a biografias e descrição das famílias de elementos. Acesso em: 25 abr. 2012.

Radiação eletromagnética

<www.cnen.gov.br>

Na página da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnem) você pode encontrar apostilas sobre aplicações e história da energia nuclear, radiações ionizantes e radioatividade. Acesso em: 25 abr. 2012.

<http://science.hq.nasa.gov/kids/imagers/ems/>

Na página da Nasa (em inglês) você vai encontrar muitos recursos gráficos para o trabalho com as radiações eletromagnéticas. Acesso em: 25 abr. 2012.

<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/174 84/info.html>

A animação "Espectro eletromagnético" traz as características das diversas radiações. Acesso em: 10 fev. 2013.

Sugestões de vídeos

Modelos para o átomo

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=12653>

O vídeo explica de maneira sucinta os modelos atômicos de Dalton, Thomson, Bohr, Rutherford, Planck (quantum), Einstein (fóton) e suas respectivas mudanças, até o modelo atômico que conhecemos atualmente. Acesso em: 25 abr. 2012.

<http://tinyurl.com/6vmtzfn>

O vídeo "Tudo é matéria" foi produzido para a série *Mundos Invisíveis*. Aborda as ideias sobre a constituição da matéria dos filósofos Tales, Heráclito, Leucipo e Demócrito. A descoberta do elétron e a importância dessa descoberta para o desenvolvimento tecnológico. Acesso em: 10 jan. 2013.

<http://www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=787&TESTE+ATOMICO>

No vídeo "Teste atômico" é possível acompanhar a realização do teste de chama para algumas substâncias contendo elementos metálicos na composição. Acesso em: 10 jan. 2013.

Tabela periódica

<www.periodicvideos.com>

Vídeos produzidos pela Universidade de Nottingham, que apresentam algumas propriedades e uso de vários elementos químicos. Acesso em: 29 ago. 2012.

Radiação eletromagnética

<www.nasa.gov/audience/foreducators/topnav/schedule/programdescriptions/Infrared-More_Than_Your_Eyes_Can_See_5-8.html>

Vídeo produzido pela Nasa sobre a radiação infravermelho. Em inglês, mas você pode utilizar as imagens. Pode também fazer uma aula conjunta com o professor de Inglês ou solicitar que algum aluno que compreenda inglês faça a tradução. Acesso em: 25 abr. 2012.

CAPÍTULO 7 — Introdução às transformações químicas

Professor

Aqui começam as orientações para o Capítulo 7 (p. 224 a p. 251).

Objetivos do capítulo

NESTE CAPÍTULO, TRABALHAMOS COM O CONCEITO de transformações químicas considerando-as como transformações nas quais ocorre a formação de novas substâncias. Vamos discutir ainda evidências de reação como forma de reconhecer uma transformação química e ainda a conservação da massa.

Sugestão para a organização do trabalho com os alunos

São propostas, neste capítulo, atividades experimentais. Sugerimos que você prepare com antecedência todos os materiais necessários, de forma que estejam disponíveis em uma bandeja para cada grupo de alunos. Seria interessante se você pudesse organizar os reagentes em pequenos frascos guardados dentro de organizadores plásticos, formando um kit.

A **Atividade 1** – "Como reconhecer uma transformação química?" – é fundamental para a elaboração do conceito de reações químicas. Os alunos vão interagir com uma série de fenômenos, para analisar as características dos materiais, antes e depois da transformação, para reconhecer as evidências de reação. Você pode optar por realizar a queima da fita de magnésio de forma demonstrativa.

Tenha cuidado!

Ao final da atividade, é fundamental que você retome a discussão com toda a turma após os grupos terem respondido às questões propostas pelo material. O objetivo dessas discussões é concluir o assunto e pontuar algumas questões que muitas vezes passam despercebidas pelos grupos. É possível que algum aluno levante a hipótese de que o gás formado em uma das reações é oxigênio, hidrogênio ou mesmo gotículas de água. É importante que você esclareça que só é possível saber isso se identificarmos qual é o gás. Nesse momento, no entanto, isso não importa. Para esse contexto, o mais importante é perceber que o gás foi formado e que há um novo material.

É essencial retomar a discussão com toda a turma, enfatizando que nesta atividade trabalhamos com aspectos facilmente perceptíveis nas transformações e que as análises feitas por eles estavam todas baseadas em observações do mesmo sistema em dois momentos diferentes. Essa colocação explicita o enfoque que pretendemos dar ao tema de reações químicas: uma transformação que envolve modificações entre os estados inicial e final de um sistema. Aponta também que as observações feitas terão um papel importante na elaboração do conhecimento químico sobre as transformações.

É interessante que você registre os fenômenos na forma de equações químicas à medida que os for discutindo com os alunos. Fale sobre a relação existente entre o registro e os fenômenos. Lembre-se de que, se o registro considera antes da seta o sistema inicial e depois da seta o sistema final, é preciso então focalizar aí as observações. Em todos os fenômenos, a atenção dos alunos foi dirigida para observar as características dos sistemas iniciais e finais e, a partir daí, chegar à representação por equações químicas, em um processo de abstração progressiva. O registro por equações químicas possibilitará a introdução da representação como meio que materializa as ideias que forem sendo elaboradas.

Outro aspecto importante para destacar ao longo das discussões é que, nas equações químicas, devem-se registrar todas as substâncias participantes do sistema separadamente.

É importante destacar que a representação por equações químicas registra o estado físico das substâncias, ou seja, é possível se registrar que uma substância inicialmente no estado sólido – representada como (s) – pode, porventura, ser dissolvida em água, e nesse caso passar a ser registrada como (aq). Há, nesse sentido, a tradução da linguagem descritiva do fenômeno para a linguagem sintética da equação. Essa tradução é seletiva: não inclui tudo, como por exemplo, o desprendimento de substâncias gasosas, a mudança de cor e a emissão de energia na forma de luz. Pedagogicamente, porém, é importante que os alunos percebam essa possibilidade de transitar entre esses dois gêneros: a descrição do fenômeno e a equação química.

Para orientar a ação dos alunos, nos baseamos no conceito de reação química como uma transformação que envolve a formação de um novo material, que pode ou não ser acompanhado por evidências perceptíveis. Eles devem observar os sistemas antes e depois da interação das substâncias. No caso das equações químicas, há uma estreita relação entre o registro e a forma de pensar o fenômeno. Esse tipo de destaque aponta para o fato de que a equação química não é um mero conjunto de fórmulas, mas ponto de partida e de chegada dessa forma de raciocinar, por meio da qual a Química "fala" do mundo.

Diferentemente da concepção usualmente estabelecida de que os alunos precisam aprender antes uma série de conceitos para entender as equações químicas, é possível pensar que a equação e a linguagem química sejam instrumentos para a elaboração do pensamento químico, ou seja, por meio da linguagem química, na tentativa de dar significado a essas representações, uma certa forma de pensar vai se constituindo. Nesse exercício do pensamento que se dá na linguagem e pela linguagem, vai se construindo uma lógica.

A **Atividade 2** – "As evidências garantem que ocorreu uma transformação química?" – vai discutir com os alunos se uma evidência é uma garantia de que ocorreu uma transformação química ou não. Os alunos vão interagir com três sistemas nos quais se observam modificações entre o estado inicial e o final. Em dois deles, no entanto – água e sal de cozinha e refrigerante e açúcar –, o que ocorre não é uma transformação química.

O **Texto 1** – "As evidências e o reconhecimento de reações químicas" – vai fechar a discussão realizada nas atividades 1 e 2, retomando os fenômenos e explicitando o que ocorreu em cada um deles.

A **Atividade 3** – "A massa é conservada nas reações químicas?" – vai trabalhar com a noção de conservação das massas em transformações

químicas. Você pode optar por realizar esta atividade de forma demonstrativa, com o auxílio de alguns alunos, fazendo o experimento e registrando os dados obtidos no quadro. Pode também organizar o trabalho em pequenos grupos, para que cada grupo possa realizar a experiência. Na parte A, os alunos vão interagir com a reação entre o bicarbonato de sódio[2] e o ácido clorídrico em um sistema aberto e em um sistema fechado. O objetivo aqui é trabalhar a ideia de que gases possuem massa. Na parte B, os alunos vão perceber que a reação entre o hidróxido de sódio e o sulfato de cobre (II) resulta na formação de um precipitado. O objetivo aqui é trabalhar com a ideia de que, mesmo havendo a formação de um sólido, a massa não aumenta. Na parte C, o sistema envolve a queima de lã de aço. Nesta parte, o objetivo é discutir o fato de que, se o sistema é aberto, pode haver a incorporação de massa.

O **Texto 2** – "A massa é conservada nas reações químicas?" – retoma os sistemas abordados na Atividade 3 e faz um fechamento da discussão de conservação da massa em uma reação química. Este é um texto simples e você pode sugerir aos alunos que façam sua leitura em casa.

O **Texto 3** – "A representação das reações químicas" – vai discutir de forma mais sistemática as equações químicas. Como você já terá destacado esta questão na discussão da Atividade 1, a leitura do texto ficará mais simples, podendo também ser realizada como tarefa de casa.

A **Atividade 4** – "Reversibilidade das reações químicas" – vai apresentar a ideia de reversibilidade das reações. Esta ideia será retomada e aprofundada no capítulo 4 do volume 2, no qual apresentaremos o tema equilíbrio químico.

Tenha cuidado!

Sugestões de atividades adicionais

Qual o prego mais enferrujado?

Nesta atividade, os alunos vão investigar a formação de ferrugem em um prego. Para isso, caberá a eles escolher o local onde o experimento será feito, ou seja, onde deixarão o prego, durante algum tempo, para que posteriormente possam observar e registrar as alterações sofridas pelo objeto (se enferrujou ou não e o que o fez enferrujar).

Parte A

Material

Pregos grandes de ferro usados na construção civil (18 x 30).

O que fazer

AA1 Divida a classe em grupos e entregue um prego limpo e sem ferrugem para cada um. Oriente os alunos a escolher um local em casa ou na escola (jardim, banheiro, pia da cozinha, quintal, etc.) onde o prego irá permanecer durante uma semana, de modo que sofra a ação do tempo. Ao final da semana, peça aos alunos que recolham o prego, sem limpá-lo, colem-no em uma cartolina e indiquem o local onde ele permaneceu.

AA2 Peça-lhes que montem uma exposição em sala de aula com os pregos colados nas cartolinas. Oriente-os também para que a exposição seja montada em uma das paredes da classe, apresentando inicialmente as cartolinas com os pregos menos enferrujados, aumentando o grau de ferrugem, até chegar ao final com os pregos mais enferrujados.

AA3 Peça aos alunos que observem a exposição e façam uma lista de fatores ou de substâncias que possivelmente agiram nos pregos para que eles enferrujassem. Nesse caso, espera-se que os alunos sejam induzidos a citar a ação da água, do ar, da umidade, da terra, de substâncias próximas aos pregos, dependendo do local em que estivessem (vinagre, óleo, sal, água, etc.) e que supostamente foram os causadores da ação do enferrujamento. Promova uma discussão com toda a classe, para que cada grupo apresente suas conclusões. Ao final dela, peça que os alunos, em conjunto, decidam quais foram os fatores ou as substâncias que agiram com mais intensidade no processo de formação de ferrugem nos pregos. Esses fatores/substâncias farão parte de uma lista que será definida coletivamente e utilizada no item AA4.

AA4 Peça para que cada grupo faça uma tabela com duas entradas. Na parte superior da tabela, horizontalmente, deverão ser indicados os fatores/as substâncias que os alunos elegeram para compor a lista feita em AA3. Na vertical da tabela, deverão ser indicados os lugares onde os pregos permaneceram durante o experimento. Em seguida, peça-lhes que assinalem na tabela os espaços que indicam o cruzamento entre fatores/substâncias com os locais indicados. Veja a seguir um exemplo hipotético:

Locais	Fatores/substâncias				
	Sal	Água	Óleo	Ar	Vinagre
Jardim					
Banheiro					
Cozinha					
Pia					
Terra					
Tijolo					
Porão					

[2] Para a substância representada pela fórmula $NaHCO_3$, a Iupac recomenda a nomenclatura hidrogenocarbonato de sódio. No entanto, esta substância é popularmente conhecida como bicarbonato de sódio. Em nossos textos, optamos por manter o nome popular para a substância.

AA5 Peça aos alunos que avaliem a tabela preenchida (possivelmente similar à apresentada no exemplo), levando-os a concluir que há uma recorrência de fatores/substâncias que agiram em todos os experimentos. Promova uma discussão com os alunos e peça-lhes que elaborem uma nova lista de fatores/substâncias essenciais à formação da ferrugem, a partir da avaliação da atividade realizada em AA4.

PARTE B

Material

Água recém-fervida, cloreto de cálcio, óleo de cozinha, tubo de ensaio grande, tela de arame fino, espátula.

O que fazer

Tenha cuidado!

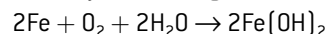
AA6 Dando sequência ao apresentado na Parte A desta atividade, peça aos alunos que, em grupo, façam um teste experimental para verificar se a água, e somente ela, assim como o ar, e somente ele, podem ser apontados como os responsáveis por provocar ferrugem nos pregos. Para isso, os alunos devem, inicialmente, colocar rótulos em três tubos de ensaio: o primeiro deverá conter a palavra "água"; o segundo, a palavra "ar"; e o terceiro, as palavras "água e ar". A seguir, providencie a fervura de uma pequena quantidade de água e deixe-a fervendo por alguns minutos, de modo a retirar todo o ar que se encontra dissolvido nela. Oriente os alunos para que não encham totalmente o primeiro tubo de ensaio, deixando aproximadamente 5 centímetros de intervalo da boca, e coloquem, então, um prego dentro desse tubo, de forma que ele fique completamente submerso. **(É aconselhável que o manuseio da água fervente seja feito pelo professor, para evitar que algum aluno se queime durante o procedimento.)** Peça, então, para que os alunos coloquem sobre a água um pouco de óleo de cozinha (isso impedirá que o ar retorne à agua fervida). No segundo tubo, os alunos deverão acrescentar um prego e colocar uma tela de arame fino na boca do tubo e, por fim, colocar sobre a tela (com o auxílio de uma espátula) uma pequena quantidade de cloreto de cálcio – que é uma substância higrosgópica e que vai retirar a água do tubo de ensaio. No terceiro tubo, os alunos deverão colocar água de torneira e um outro prego (nesse caso, leve os alunos a concluir que a água já contém oxigêncio dissolvido (ar) e, como o tubo esta aberto, a água estará também em contato com o ar do meio ambiente). Peça-lhes que, finalmente, guardem os três tubos por uma semana em um local seguro. Ao final dela, peça aos alunos que observem o que aconteceu com o prego em cada tubo e tragam suas anotações para uma discussão em classe.

Questões

Q1 Sua hipótese sobre quais substâncias provocariam a ferrugem, que você formulou ao colocar o seu prego em determinado lugar, foi confirmada? Explique.

Resposta pessoal do aluno.

Q2 Como você poderia expressar, em termos de uma equação química, a formação de ferrugem? Pense que o ar tem vários componentes e que apenas um deles deve ser responsável pela formação da ferrugem.

$$2Fe + O_2 + 2H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_2$$

Q3 Por que normalmente as coisas enferrujam mais nas cidades litorâneas do que nas cidades situadas longe do mar?

Porque o ar dessas cidades é muito mais úmido e tem, portanto, muito mais água do que em cidades situadas distantes do mar.

Q4 Determine se em cada situação a seguir ocorrerá ou não a formação de ferrugem e justifique a sua resposta:

a) peças metálicas de um barco à beira-mar;
Sim; a ferrugem ocorrerá devido à salinidade da água do mar.

b) um navio que naugrafou numa fossa submarina a 6 000 m de profundidade;
Não, pois não há ar dissolvido na água em quantidades suficiente para provocar ferrugem.

c) um CD de uma banda chamada "Iron Made" (Professor, note que a tradução do nome da banda citada no exemplo é "feito de ferro" e que aqui estamos fazendo um trocadilho com o nome de uma famosa banda de *rock*);
Não; não há peças metálicas para o enferrujamento.

d) um pedaço de carro deixado no deserto do Saara;
Não, pois no deserto do Saara não há água no ar suficiente para provocar ferrugem.

e) um portão de garagem em sua cidade.
Sim; pela ação da umidade do ar.

Resolução de atividades, exercícios e questões

Atividades

A1. Comentários gerais sobre as atividades A1 até A10: Nessas atividades, preste muita atenção às recomendações de segurança expressas nos enunciados. Peça aos alunos que registrem as características do sistema inicial antes de efetuar a reação em todas as atividades. Em A7 e A10, peça a eles que segurem a base do tubo e prestem atenção ao aquecimento.

A11. Comentário: Os alunos deverão preencher o quadro conforme forem desenvolvendo os experimentos.

Sistema	Características dos componentes no estado inicial	Observações durante as transformações	Características do sistema no estado final
a) sal de cozinha e água	sólido branco e líquido incolor	o sal dissolve-se na água	sistema homogêneo
b) refrigerante e açúcar	sólido branco e líquido com gás dissolvido	efervescência	em geral, há excesso de açúcar no fundo do recipiente
c) água e comprimido efervescente	comprimido, sólido e branco líquido incolor	efervescência	sistema homogêneo

Quadro MP.32 Atividade A11.

A14. Comentário: Leia primeiro toda a atividade e questione os alunos sobre o porquê de pesar o sistema antes e depois da reação. É importante alertar para isso no início da atividade, pois é comum que eles efetuem a reação sem pesar o sistema inicial.

A19. Comentário: A massa do sistema inicial será sempre maior que a do sistema final, pois há liberação de gás carbônico para a vizinhança do sistema.

A20. Comentário: Leia primeiro toda a atividade e questione os alunos sobre o porquê de pesar o sistema antes e depois da reação. É importante alertar para isso no início da atividade, pois é comum que eles efetuem a reação sem pesar o sistema inicial.

A22. Comentário: Veja a figura 7.15 do livro do aluno.

A25. Comentário: As massas dos sistemas inicial e final serão as mesmas, pois o sistema é fechado.

A26. Comentário: É importante prestar atenção à recomendação de segurança expressa no enunciado da atividade.

A27. Comentário: Alerte os alunos para não utilizarem o mesmo bastão ou a mesma colher, senão a reação ocorrerá antes da pesagem.

A31. Comentário: As massas dos sistemas inicial e final serão as mesmas, pois não há formação de gás.

A32. Comentário: Antes de colocar a lã de aço no béquer, puxe-a, abrindo-a bem, para que o ar circule melhor entre os fios.

A34. Comentário: A massa do sistema final será maior que a massa do sistema inicial, pois no sistema aberto a massa do oxigênio gasoso não foi determinada.

A35. A solução de cloreto de cobalto apresenta uma coloração rosa-avermelhada. Quando o papel é umedecido com essa solução, apresenta uma coloração rosada (mesmo depois de seco). Com o aquecimento, verifica-se que os desenhos tornam-se azuis.

A36. Quando o papel entra em contato com o vapor de água, observa-se que os desenhos adquirem novamente a coloração rosada.

Exercícios

E1. É um tipo de transformação em que materiais, não existentes inicialmente no sistema, são produzidos. É uma transformação em que há formação de novas substâncias.

E2. Quando falamos em reação química, estamos nos referindo ao fenômeno. A equação química é uma forma de representação do fenômeno.

E3. a) Porque os produtos formados apresentam propriedades diferentes das substâncias do sistema inicial. Nesse caso, a ferrugem tem coloração e textura bem diferentes do metal-base. Se fôssemos testar propriedades físicas, veríamos que também sofreram alteração, como condutividade elétrica e tenacidade.

b) Porque no litoral o ambiente é mais úmido, portanto com maior concentração de partículas de água.

E4. a) Correta, pois o balanceamento da equação garante a representação da Lei de Conservação das Massas.

b) Correta, pois essa é a Lei de Conservação das Massas.

c) Correta, pois o N_2 é uma substância simples e a H_2O é uma substância composta.

d) Correta, pois nos reagentes as substâncias estão em solução aquosa. Nos produtos há formação de um gás, que irá borbulhar na solução ao ser formado, e água em estado líquido.

Questões

Q1. Solução de HCl transparente e incolor; pedaço de zinco sólido de cor acinzentada e brilho metálico.

Q2. Ao adicionar zinco ao HCl, começaram a se formar bolhas nas proximidades dos pedaços de zinco. Os pedaços de zinco ficam mais escurecidos e há um leve aquecimento do tubo de ensaio.

Q3. Formação de bolhas, mudança na cor do zinco e aquecimento do tubo.

Q4. Comentário: Não se espera nesse momento que, necessariamente, os alunos saibam responder a essa questão. O objetivo dela aqui é apenas criar uma motivação à reflexão de que só será possível serem formadas substâncias constituídas pelos mesmos átomos que também constituíam as substâncias anteriores. Assim, durante a discussão sobre as respostas a essas questões, você poderá colocar no quadro as fórmulas que representam as substâncias reagentes e começar a discutir com eles as possibilidades de formação dos produtos. Muitas vezes, os estudantes identificam o gás formado como oxigênio (O_2); nesse caso, a discussão gira em torno da impossibilidade da formação desse gás, pois nos reagentes não está presente o elemento químico oxigênio. As novas substâncias formadas foram o gás hidrogênio (H_2) e o cloreto de zinco ($ZnCl_2$).

Q5. m_i seria maior do que m_f, pois um dos produtos formados é um gás e o sistema é aberto; portanto, esse gás escapou para o ambiente, diminuindo a massa do sistema final.

Q6. Não. Se o sistema fosse fechado, o gás não escaparia e a massa do sistema final seria a mesma do sistema inicial.

Q7. O magnésio é um sólido acinzentado com pouco brilho, e o outro reagente é o oxigênio do ar, gasoso, transparente e incolor.

Q8. Ao terminar a queima, resta um pó branco.

Q9. Enquanto a reação acontece, há produção de luz intensa, calor e fumaça esbranquiçada.

Q10. Comentário: A orientação para o professor é a mesma dada na Q4. Os átomos constituintes do sistema inicial deverão constituir também o sistema final. A nova substância formada é o óxido de magnésio (MgO), pó branco que restou ao final da reação.

Q11. m_i seria menor do que m_f, pois a reação de combustão envolve o oxigênio como reagente, que, inicialmente, em um sistema aberto, não seria pesado. Ao final da reação, forma-se uma substância da qual o oxigênio faz parte, o óxido de magnésio (MgO). Sendo assim, o produto terá uma massa maior do que o magnésio que compõe a fita.

Q12. Não. Se o sistema fosse fechado, o oxigênio, reagente dessa reação, já teria sido pesado no sistema inicial.

Q13. Solução de NaOH transparente e incolor; solução de $CuSO_4$ transparente e de cor azulada.

Q14. Após a adição do $CuSO_4$ à solução de NaOH, forma-se um sólido com aspecto gelatinoso de cor azul mais escura.

Q15. Forma-se um novo estado físico, o sólido com aspecto gelatinoso.

Q16. **Comentário**: A orientação para o professor é a mesma dada na Q4. Serão formados o hidróxido de cobre (II) ($Cu(OH)_2$) e o sulfato de sódio (Na_2SO_4).

Q17. m_i seria igual a m_f, pois não há formação de produtos gasosos nem reação com produtos gasosos.

Q18. A resposta seria a mesma, pois, como a reação não envolve substâncias gasosas, não faz diferença se o sistema estiver aberto ou fechado.

Q19. Solução de HCl transparente e incolor; e solução de NaOH transparente e incolor.

Q20. Há um leve aquecimento do tubo de ensaio.

Q21. Ocorre liberação de calor.

Q22. **Comentário**: A orientação para o professor é a mesma dada na Q4. As novas substâncias formadas são cloreto de sódio (NaCl) e água (H_2O).

Q23. m_i seria igual a m_f, pois não houve formação de produtos gasosos nem reação com gases.

Q24. Seria a mesma, pois, não havendo o envolvimento de substâncias gasosas, não faz diferença se o sistema está aberto ou fechado.

Q25. Solução de NaOH transparente e incolor; solução de fenolftaleína transparente e incolor; solução de HCl transparente e incolor.

Q26. O sistema ficou cor-de-rosa.

Q27. Ocorreu mudança de cor.

Q28. **Comentário**: Não se espera nesse momento que, necessariamente, os alunos saibam responder a essa questão. É natural que eles pensem que com a mudança de cor tenha ocorrido reação. Espera-se que, durante a discussão você esclareça que a mudança de cor é apenas da substância que compõe a fenolftaleína, um indicador de pH que muda de cor de acordo com a acidez ou basicidade do meio. Em presença de substâncias de caráter básico, como o NaOH, ela adquire coloração rosa; em presença de substâncias com caráter ácido, HCl, por exemplo, ela continua incolor.

Q29. O sistema voltou a ficar incolor.

Q30. Ocorreu mudança de cor.

Q31. As novas substâncias formadas são cloreto de sódio (NaCl) e água (H_2O). A orientação para o professor é a mesma da Q4. **Comentário**: A mudança de cor é apenas da substância que compõe a fenolftaleína, um indicador de pH que muda de cor de acordo com a acidez ou basicidade do meio. Em presença de substâncias de caráter básico, NaOH, por exemplo, ela adquire coloração rosa. Em presença de substâncias com caráter ácido, como ácido clorídrico, ela continua incolor. Sendo assim, as substâncias formadas foram as mesmas da atividade anterior, mas agora foi usado o indicador fenolftaleína para evidenciar o consumo do NaOH quando esse reage com o HCl. Quando se tem somente NaOH, a fenolftaleína fica rosa; quando se adiciona HCl, a solução de NaOH deixa de existir, pois reage com o HCl, formando uma nova substância que não apresenta o caráter básico e, portanto, a fenolftaleína deixa de ser rosa. Essa atividade auxilia o aluno a perceber que **nem toda reação química apresenta evidências.** É possível que um novo material se forme e isso não seja perceptível. No entanto, há casos, como esse, em que mesmo não havendo evidências aparentes de que a reação química aconteceu, pode-se usar formas indiretas de testar a formação de novas substâncias com propriedades diferentes das substâncias reagentes.

Q32. Nos sistemas 2 e 3 há liberação de gás e no sistema 1 não há.

Q33. No sistema 2 já existia, pois fazia parte do refrigerante; no sistema 3 não existia.

Q34. Sim, no sistema 3 há produção de um novo material gasoso. A evidência é a formação de bolhas ou efervescência. **Comentário**: No sistema 2 o gás liberado já estava no refrigerante; o açúcar apenas acelerou a saída desse gás, já que ele é mais solúvel na água que o gás. Essa é uma situação interessante, em que houve uma evidência, mas na qual não ocorreu reação química.

Q35. Não.

Q36. Não. O material do comprimido reagiu com a água e formou um gás que foi liberado para o ambiente. Dessa forma, o material que é obtido depois da evaporação da água não é o mesmo do comprimido original e por isso não produziria efervescência novamente.

Q37. a) Não é uma reação química. Inicialmente, temos água transparente e incolor e o permanganato de potássio sólido escuro. Após a dissolução, a água adquiriu coloração arroxeada. A mudança de cor é devida à dissolução do permanganato de potássio, que tem coloração roxa, e não à formação de novas substâncias.

b) Não é uma reação química. A mudança de cor para verde se dá pela sobreposição das cores azul e amarela, e não pela formação de nova substância.

c) Não é uma reação química. Inicialmente, a naftalina apresenta coloração branca e estado físico sólido; após a fusão, a naftalina líquida torna-se incolor e transparente, mas continua possuindo a mesma composição da naftalina sólida. Só houve uma mudança de estado físico, sem a formação de novas substâncias.

d) É uma reação química. A ferrugem formada apresenta cor amarelada, é sólida, porosa e quebradiça. As propriedades são diferentes das substâncias reagentes, ferro sólido, oxigênio gasoso e água.

e) É uma reação química. Apesar de não haver evidências macroscópicas, as características da solução formada são diferentes das características das soluções reagentes. Em presença de fenolftaleína, por exemplo, a solução resultante não apresenta coloração, ao contrário da solução reagente de hidróxido de sódio, que apresenta coloração rosa.

f) É uma reação química. Evidências como liberação de energia na forma de calor e luz, produção de fuligem (fumaça escura) e diminuição da quantidade de parafina confirmam a formação de novas substâncias.

Q38. a) Não, pois pode haver transformação, com evidência, mas não haver formação de nova substância. Um bom exemplo é a fusão da naftalina, uma mudança de estado físico.

b) Sim, se a reação ocorre com a formação de substâncias solúveis, ou seja, se não há formação de precipitado ou gases pouco solúveis, por exemplo, não há evidência macroscópica que indique a ocorrência da reação química, porém formaram-se novas substâncias. Um exemplo é o fenômeno apresentado no item "e" da questão anterior.

Q39. Houve uma efervescência, mostrando que um gás foi produzido.

Q40. No sistema aberto, a massa depois da reação foi menor que a massa antes da reação. No sistema fechado, as massas antes e depois da reação foram as mesmas.

Q41. Em sistema aberto, o gás produzido é liberado para o ambiente; por isso, a massa foi menor após a reação.

Q42. A partir dos dados, há constatação da conservação da massa só no sistema fechado.

Q43. A formação de um sólido azul, pouco solúvel, dando um aspecto gelatinoso ao sistema.

Q44. As massas antes e depois da reação foram as mesmas. **Comentário**: Quanto à expectativa do resultado, podem surgir várias respostas, dentre as quais:

1) esperava, pois não formou gás;
2) não esperava, pois o sistema não estava fechado;
3) achava que iria aumentar, pois o sólido que se formou teve um aspecto mais denso.

O objetivo aqui é levantar as expectativas dos alunos para que sejam discutidas ideias que eles tenham sobre o assunto que possam ser barreiras para a compreensão da explicação científica.

Q45. Sim, pois mesmo em sistema aberto a massa se conservou.

Q46. Porque neste último caso não houve formação de gás.

Q47. A luz, as fagulhas, o aspecto fosco e quebradiço do sólido que se formou. Ao tentarmos acender novamente a lã de aço, esse novo produto não se queima.

Q48. A massa do sistema depois da queima é maior que a massa do sistema antes da queima. **Comentário**: Quanto à expectativa do resultado, podem surgir várias respostas, dentre as quais:

1) não esperava, pois numa queima sempre achei que a massa diminuísse;
2) não esperava, pois achei que seria igual, uma vez que foi "só a lã de aço que queimou";
3) esperava, pois não houve aumento de massa nos experimentos realizados.

O objetivo aqui é levantar as expectativas dos alunos para que sejam discutidas ideias que eles tenham sobre o assunto que possam ser barreiras para a compreensão da explicação científica. Dentre os experimentos, esse é o que gera maior surpresa e maior dificuldade de interpretação por parte dos alunos.

Q49. A partir dos dados, não, pois a massa aumentou. Mas, analisando a reação, que foi feita em sistema aberto, consegue-se explicar. Nesse caso, a lã de aço reagiu com o oxigênio do ar atmosférico, cuja massa não foi determinada no sistema inicial. Como o produto formado tem a massa da lã de aço e do oxigênio que reagiu com ela, e é sólido, ele pode ser pesado no sistema final, acusando, então, um aumento de massa (que é a massa do oxigênio que reagiu).

Q50. A massa se conserva nas reações químicas, pois toda a massa dos reagentes está presente nos produtos formados. No caso das reações que envolvem substâncias gasosas, a constatação da conservação da massa só pode ser feita em sistema fechado. Isso não significa, porém, que a massa não se conservou, pois os gases envolvidos têm massa. A diferença entre a massa do sistema final e do sistema inicial é exatamente a massa do gás envolvido na transformação.

Q51. d Os erros são os itens I, III e IV.

Q52. b

Q53. d. Pois o prego reage com o oxigênio e a água presentes na atmosfera, cujas massas não foram determinadas no sistema inicial, formando um produto sólido.

Q54. b $CaCO_3 \cdot H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 \cdot H_2O + CO_2$

Q55. c

Q56. c

Q57. c

Q58. c

Q59. c

Q60. c Isso porque apresenta alto teor de Fe e o mais baixo teor de S. A região 1 apresenta praticamente o mesmo teor de S que a região 2, porém um menor teor de Fe. Portanto, não seria conveniente o processamento de seu minério.

Q61. b

Q62. a

Q63. c

Q64. d

Q65. b

Q66. d

Q67. b

Q68. c

Q69. 39 (Respostas corretas: $01 + 02 + 04 + 32 = 39$)

Q70. c

Q71. e

Q72. e

Q73. c

Q74. d

Q75. b

Q76. e

Q77. Quando o prego enferruja, sua massa aumenta porque ele reage com o oxigênio e a água presentes no ar, produzindo o óxido de ferro que tem massa maior que o ferro. Já na queima do palito de fósforo, sua massa diminui porque são produzidos gases que são liberados para o ambiente. Nas duas reações ocorre conservação da massa; no entanto, como há envolvimento de gases e os sistemas são abertos, as massas desses gases não são medidas, fazendo parecer que a massa total aumentou ou diminuiu.

Sugestões de leitura para formação do professor

- LOPES, A. C. Reações químicas: fenômeno, transformação e representação. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 2, 1995. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc02/conceito.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

O artigo aborda as reações químicas – os fenômenos e suas representações, as equações químicas.

- MACHADO, A. H. *Aula de Química: discurso e conhecimento*. Ijuí: Ed. da Unijuí, 1999. 200 p.

Neste livro você vai encontrar o resultado de uma investigação realizada em torno do tema "reações químicas". Assim, você terá acesso a uma discussão mais aprofundada sobre a elaboração conceitual dos alunos neste tema.

- MORTIMER, E. F.; MIRANDA, L. Transformações: concepções dos estudantes sobre reações químicas. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 2, 1995. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc02/aluno.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

Este artigo discute as concepções alternativas de adolescentes sobre fenômenos envolvendo transformações dos materiais, reunindo resultados de pesquisas realizadas em diferentes partes do mundo e que foram confirmados entre estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental e do 1º ano do Ensino Médio.

- MORTIMER, E. F.; SCOTT, Philip H. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências* (Porto Alegre). 2002, vol. 7, n. 3., p. 283-306. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID94/v7_n3_a2002.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2013.
- Este artigo traz um ferramenta desenvolvida para analisar e planejar aulas de ciências, com um exemplo de uso em relação ao tema "transformações químicas".
- NERY, A. L. P.; MARCHIORI, L. R.; FERNANDEZ, C. Reações envolvendo íons em solução aquosa: uma abordagem problematizadora para previsão e equacionamento de alguns tipos de equações inorgânicas. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 23, maio 2006. p. 14-8. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc23/a04.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2012.

Neste artigo, descreve-se uma Atividade para o desenvolvimento do tema "reações químicas em soluções aquosas" por meio da resolução de um desafio apresentado aos alunos.

- ROSA, M. I. F. P. S.; SCHNETZLER, R. P. Sobre a importância do conceito de transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 8, 1998. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc08/pesquisa.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

Este artigo apresenta e discute, a partir de uma extensa revisão bibliográfica de pesquisas sobre transformações químicas, quais são as principais concepções de alunos do Ensino Médio sobre esse tema. É um artigo básico para professores interpretarem as concepções de seus alunos.

Sugestões de páginas na internet

<www.pontociencia.org.br>

Na página do projeto Ponto Ciência você vai encontrar várias sugestões de experimentos envolvendo reações químicas. Acesso em: 25 abr. 2012.

<www.teachers.tv>

Nesta página você vai ter acesso a vários vídeos. Os vídeos são em inglês, mas você pode utilizá-los para apresentar algumas reações. Em algumas turmas, há alunos que dominam a língua inglesa. Isso pode ser uma ótima oportunidade para estimulá-los a traduzirem as informações apresentadas. Outra possibilidade é pedir a colaboração do professor de Inglês. Acesso em: 25 abr. 2012.

<http://condigital.ccead.puc-rio.br/condigital/index.php?option=com_content&view=article&id=581&Itemid=91>

Nesta página você vai ter acesso a uma simulação que envolve duas reações químicas nas quais são produzidos gases. Acesso em: 11 jan. 2013.

Sugestões de vídeos

<www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=21&REACAO+EM+CADEIA>

Nesta página você vai ter acesso a um vídeo que apresenta várias reações químicas que ocorrem simultaneamente com apenas um ponto de partida e que possuem evidências. Você pode aproveitar a ideia e montar este experimento com outros reagentes. Acesso em: 25 abr. 2012.

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=19840>

Este vídeo é um dos episódios do programa "Aí tem Química!", que aborda a Química em situações que consideram os diferentes aspectos da realidade de estudantes de Ensino Médio. Ao longo desse episódio são apresentados diversos conceitos relacionados às reações químicas. Acesso em: 25 abr. 2012.

<http://condigital.ccead.puc-rio.br/condigital/index.php?option=com_content&view=article&id=378&Itemid=91>

O vídeo apresenta uma discussão sobre as transformações químicas do ponto de vista de sua evolução histórica. Na página existe a possibilidade de acessar a um guia do professor que acompanha o vídeo e oferece sugestões para seu uso em sala de aula. Acesso em: 11 jan. 2013.

Capítulo 8 — Quantidades nas transformações químicas

Professor

Aqui começam as orientações para o Capítulo 8 (p. 252 a p. 273)

Objetivos do capítulo

O objetivo deste capítulo é discutir ideias sobre as quantidades nas transformações químicas, mol e cálculos estequiométricos. Como já sabemos, não é fácil para os alunos compreender essas ideias, principalmente porque evocam

uma forma de pensar mais sistemática, a noção de proporcionalidade e a execução de cálculos, aspectos que eles muitas vezes não dominam.

Vale lembrar que muito do que vamos trabalhar aqui são procedimentos que necessitam de uma sólida base dos princípios para que possam ser executados de forma significativa pelos alunos. Por ter essa característica, o capítulo não possui muitas páginas, mas é importante reservar tempo para que as atividades sejam trabalhadas em grupo e em sala de aula, sempre fornecendo oportunidade de engajamento dos alunos nas discussões com os colegas e dando a eles o suporte necessário.

Sugestão para a organização do trabalho com os alunos

A **Atividade 1** – "Existe uma relação entre as quantidades de reagentes para formar os produtos de uma reação química?" – foi proposta para discutir com os alunos a Lei de Proust – das proporções definidas. As questões principais a serem respondidas referem-se à constatação da existência de proporções ideais entre os reagentes que levam à formação da maior quantidade possível de produtos. Sugerimos um trabalho com dados retirados de experimentos realizados em aula. Na elaboração do pensamento científico, consideramos de suma importância desenvolver no aluno a capacidade de compreender um experimento a partir de sua descrição e de interpretar os dados obtidos por meio desse experimento. Sabemos, no entanto, da dificuldade que os alunos têm para desenvolver tais habilidades. Se você se interessar, pode realizar o experimento seguindo o procedimento da seção "Sugestões de Atividades Adicionais", apresentada a seguir. Não recomendamos, porém, que esse procedimento seja realizado pelos alunos por envolver a utilização de solução que contém chumbo. Por esse motivo, no livro do aluno a atividade não envolve a realização por parte dos alunos, somente a observação dos resultados de um procedimento já realizado. É importante solicitar a eles que providenciem papel milimetrado para traçar o gráfico da altura do precipitado em função da relação iodeto/nitrato.

Nesta atividade utilizamos a expressão "mesma concentração", apesar de a ideia de concentração ainda não ter sido trabalhada de forma sistemática, provavelmente. Aproveite este momento para introduzir uma noção apenas do conteúdo, sem se preocupar em aprofundar a abordagem do conceito.

A discussão sobre o excesso de reagentes não costuma ser fácil. Os alunos precisam de certo tempo de discussão para compreender esse tópico. É importante que você garanta a compreensão do teste realizado e do significado do que está registrado no quadro 8.2.

Sugerimos que você novamente explicite a relação entre os aspectos fenomenológicos, teóricos e representacionais abordados na atividade. Também vale destacar a Lei de Proust, apontando seus limites e suas possibilidades, como fazemos nas considerações finais para esta atividade.

Os resultados obtidos não são o mais importante nesta atividade, mas a discussão que será realizada com base nos resultados. Seja cuidadoso e discuta cada aspecto, procurando relacionar as ideias e construir a noção de proporção entre quantidades na transformação química.

O **Texto 1** – "Contando átomos, moléculas e íons" – vai discutir a relação entre o fenômeno e a sua representação. Vamos trabalhar com o processo de significação das equações químicas em termos das proporções e quantidades envolvidas. Vale destacar que já vínhamos utilizando as representações das equações, mas que ainda não estávamos enfatizando esse aspecto. Então, vamos primeiramente estabelecer a relação entre o que pudemos deduzir do fenômeno apresentado e sua representação. A seguir, vamos discutir que não há necessidade de realizar um experimento todas as vezes que pretendemos analisar as proporções entre as quantidades das substâncias. Discutiremos então o que é o procedimento de "balancear" uma equação química. Veja que o balanceamento aparece aqui como uma consequência da compreensão das proporções e não um mero procedimento a ser executado pelo aluno.

Outra questão importante a ser discutida é que só foi possível chegar à conclusão das proporções porque trabalhamos com soluções de mesma concentração em mol/L. Se tivéssemos utilizado soluções de mesma concentração em g/L, não poderíamos chegar à mesma conclusão, pois as espécies que formam as substâncias possuem diferentes massas. Coloca-se então uma questão: é fácil trabalhar com a massa das substâncias, mas não é elementar estabelecer uma relação entre essa massa e o número de átomos e moléculas. É nesse contexto que introduzimos a ideia de quantidade de matéria e os outros conceitos a ela relacionados.

Não pretendemos, neste texto, esgotar o contato do aluno com os procedimentos que, em geral, devem ser aprendidos para lidar com aspectos quantitativos relacionados à grandeza quantidade de matéria. Este texto propõe uma introdução geral desses aspectos. Em seguida, vamos propor atividades e exercícios e sugerimos que sejam realizados em grupo e em sala de aula para que os alunos possam discutir suas ideias e elaborar os caminhos necessários para a execução dos procedimentos que envolvem cálculos.

A **Atividade 2** – "Contando moléculas" – vai trabalhar com analogias para que a noção da dimensão do número de Avogadro fique bem clara. Sugerimos que você leia em sala, ou passe para os alunos, o texto "Do fantasticamente pequeno ao fantasticamente grande" do professor Áttico Chassot, que indicamos na bibliografia para este capítulo, para discutir outros exemplos que se referem ao número de Avogadro.

A **Atividade 3** – “Relacionando quantidade de matéria e massa dos materiais” – continua a trabalhar com as relações entre quantidade de matéria e massa abordando o cálculo de massa molar. São propostos alguns exercícios básicos e sugerimos que sejam feitos em aula para que os procedimentos sejam discutidos entre os alunos e com você.

Nesta atividade apresentamos o novo valor para o volume molar dos gases, definido pela Iupac.

A **Atividade 4** – “Relacionando quantidades em uma reação química” – aborda uma série de cálculos envolvendo equações químicas e as quantidades de substância em massa ou, quando for o caso, em volume. Introduz a ideia de reagente limitante discutindo do ponto de vista quantitativo as proporções ideais e reais de uma reação química.

Sugestões de atividades adicionais

Para fazer o experimento sugerido na **Atividade 1** – “Existe uma relação entre as quantidades de reagentes para formar os produtos de uma reação química?” –, você pode seguir o procedimento descrito a seguir.

Parte A – Estabelecendo a relação ideal entre as quantidades de nitrato de chumbo (II) e iodeto de potássio para a formação de iodeto de chumbo (II) (precipitado amarelo)

Material

Solução 0,5 mol/L de iodeto de potássio, solução 0,5 mol/L de nitrato de chumbo (II), cinco tubos de ensaio iguais, um suporte para tubos de ensaio, uma régua, dois conta-gotas.

O que fazer

A1. Numere cinco etiquetas de 1 a 5 e cole-as em cinco tubos de ensaio iguais.

A2. Coloque, em cada tubo, o volume de solução 0,5 mol/L de iodeto de potássio indicado no quadro a seguir.

A3. Adicione, aos cinco tubos, o volume de solução 0,5 mol/L de nitrato de chumbo (II) indicado para cada tubo no quadro a seguir.

A4. Deixe os tubos de ensaio em repouso até que o precipitado (ppt) tenha se depositado no fundo (no mínimo 5 minutos). Meça, em seguida, a altura do precipitado nos cinco tubos, usando uma régua. Anote os resultados no quadro MP.32.

Tubo	Volume da solução de KI (em mL)	Volume da solução de $Pb(NO_3)_2$ (em mL)	Altura do ppt (cm)	Relação iodeto/nitrato
1	10	2		5/1
2	8	4		
3	6	6		
4	4	8		
5	2	10		

Quadro MP.32 Resultados para altura do precipitado formado em função das quantidades de KI e $Pb(NO_3)_2$ que foram adicionadas.

A5. Preencha a coluna relação iodeto/nitrato, dividindo as quantidades de cada tubo pelo menor valor. Por exemplo, no tubo 1, dividindo-se 10 mL e 2 mL por 2 mL, encontra-se 5 e 1. Desse modo, a relação iodeto/nitrato é 5/1 (lê-se 5 por 1) no tubo 1.

A6. Faça um gráfico da altura do precipitado obtido em centímetros (eixo das ordenadas) em função da relação iodeto/nitrato (eixo das abscissas).

Parte B – Verificando a existência de excesso de reagentes

Para verificar a existência de excesso de reagentes, vamos retirar, com o auxílio de um conta-gotas, algumas gotas da solução sobrenadante (que fica acima do precipitado) de cada tubo e verificar se ela reage com iodeto de potássio e com nitrato de chumbo (II).

O que fazer

A7. Numere dois conjuntos de etiquetas de 1 a 5 e cole-as em dois conjuntos de tubos.

A8. Retire três gotas da solução sobrenadante de cada tubo e coloque em um dos cinco tubos de ensaio etiquetados de 1 a 5, de acordo com a numeração dos tubos da parte A, e assim sucessivamente. Lave bem o conta-gotas após cada operação, antes de introduzi-lo em um novo tubo.

A9. Pingue duas gotas de solução de nitrato de chumbo (II) em cada um dos cinco tubos. Observe o que acontece e anote na coluna apropriada do quadro MP.33.

A10. Repita o procedimento A8, acima, usando o outro conjunto de tubos numerados.

A11. Pingue duas gotas de solução de iodeto de potássio. Observe e anote o resultado no quadro MP.33.

Tubo	Teste com iodeto	Teste com nitrato	Conclusão sobre o reagente em excesso
1			
2			
3			
4			
5			

Quadro MP.33 Resultados dos testes com iodeto e nitrato para investigar a existência de reagente em excesso.

Outra atividade interessante a ser proposta é que os alunos pesem, em recipientes adequados, a quantidade de matéria correspondente a 1 mol de: cloreto de sódio (NaCl), sulfato de cobre (II) ($CuSO_4$), ferro (Fe), água e outras substâncias que você achar que devem ser incluídas. Isso é importante para que as ideias discutidas no capítulo possam ter uma referência mais concreta.

Resolução de atividades, exercícios e questões

Atividades

A2.

Relação iodeto/nitrato
5/1
2/1
1/1
1/2
1/5

Quadro MP.34 Atividade A2.

A3.

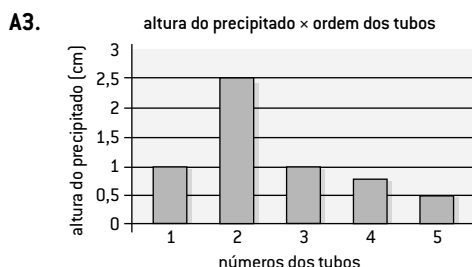



Figura MP.27 Atividade A3.

A4. a) 3 600 moléculas/hora

b) 86 400 moléculas/dia

c) 31 536 000 moléculas/ano

d) Como 31 536 000 moléculas ⇔ 1 ano, logo: $6{,}02 \times 10^{23}$ moléculas ⇔ $1{,}9 \times 10^{16}$ anos.

A5. a) 1×10^{10} moléculas/metro

b) 1×10^{13} moléculas/quilômetro

c) Como para cada km temos 1×10^{13} moléculas, logo, em 40 000 km teremos 4×10^{17} moléculas; isso significa que 4×10^{17} moléculas alinhadas dariam uma volta na Terra pela Linha do Equador. Portanto, $6{,}02 \times 10^{23}$ moléculas equivalem a 1 505 000 voltas.

A6.

Substância	$Pb(NO_3)_2$	KI	PbI_2	KNO_3
Quantidade de matéria (em mol)	1	2	1	2
Massas molares (em g/mol)	331,2	166,0	461,0	101,1

Quadro MP.35 Atividade A6.

Substância	$Pb(NO_3)_2$	KI	PbI_2	KNO_3
Massas das substâncias envolvidas (em g)	33,12	33,2	46,1	20,22
Quantidade de matéria (em mol)	0,1	0,2	0,1	0,2

Quadro MP.36 Atividade A7.

A8.

Experimento	Massas das substâncias antes da reação (g)		Massas das substâncias após a reação (g)			
	Pb(NO3)2	KI	PbI_2	KNO_3	$Pb(NO_3)_2$	KI
1	$X = 165{,}6$	176	230,5	$Y = 101{,}1$	0	10
2	92,8	$Z = 83{,}0$	$W = 115{,}25$	$V = 50{,}55$	10	0

Quadro MP.37 Atividade A8.

A9. A massa molar do $Pb(NO_3)_2$ é 331,2 g/mol, então:

- no experimento 1: quantidade de matéria = 165,6/331,2 = = 0,5 mol;
- no experimento 2: quantidade de matéria = 82,8/331,2 = = 0,25 mol.

A10.
a)

Teste	Massas das substâncias antes da reação (g)		Massas das substâncias após a reação (g)			
	A	B	C	D	A	B
1	$X = 37$	59	68	18	0	10
2	$Y = 121$	$W = 147$	$Z = 204$	54	10	0

Quadro MP.38 Atividade A10.

b) No teste 2:
massa total dos reagentes = massa total dos produtos
111 g + 147 g = 204 g + 54 g
258 g = 258 g
A massa foi mantida ao longo da reação química, obedecendo à Lei de Lavoisier.

Exercícios

E1. a) nitrato de prata = $AgNO_3$
Ag = 1 × 107,9 = 107,9; N = 1 × 14,0 = 14,0;
O = 3 × 16,0 = 48,0
Ag + N + 3O = 169,9 g/mol

b) cloreto de bário – $BaCl_2$: 137,3 + (2 × 35,5) = 208,3 g/mol

c) cloreto de sódio – NaCl: 23,0 + 35,5 = 58,5 g/mol

d) carbonato de sódio – Na_2CO_3:
(2 × 23,0) + 12,0 + (3 × 16,0) = 106,0 g/mol

e) nitrato de chumbo (II) – $Pb(NO_3)_2$:
207,2 + (2 × 14,0) + (6 × 16,0) = 331,2 g/mol

E2. Significa que a massa de 1 mol de iodo atômico (ou $6{,}02 \times 10^{23}$ átomos de iodo) é igual a 127 g.

E3. Para o KNO_3, tem-se que a massa molar é
39,1 + 14,0 + (3 × 16,0) = 101,1 g/mol. Como 1 mol tem 101,1 g, logo 0,5 mol terá 50,55 g.

E4. Essa afirmação é falsa, pois um mol de átomos de qualquer elemento tem $6{,}02 \times 10^{23}$ átomos, independentemente de sua massa molar.

E5. Para a amônia: 14,0 + (3 × 1,0) = 17,0 g/mol. Como 1 mol de amônia tem 17,0 g, logo 25,5 g equivalem a 1,5 mol de amônia.

E6. $CaBr_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2\ Br^-$. Portanto, para cada 1 mol de $CaBr_2$ tem-se 3 mols de íons (1 mol de Ca^{2+} e 2 mols de Br^-); logo, 2 mols de $CaBr_2$ equivalem a 6 mols de íons.

E7. a) Como 40,0 mols têm 1 200,0 g, logo 1,0 mol tem 30 g; assim, MM = 30,0 g/mol.

b) Como 1,0 g de H equivale a 1 mol, logo 6,0 g equivalem a 6 mols de átomos de H. Assim:

$(30,0 - 6,0)\ g = 24,0\ g$.

Como 12,0 g de C equivalem a 1 mol, logo 24,0 g de C equivalem a 2 mols de átomos de C.

Portanto, a fórmula molecular dessa substância é: C_2H_6.

E8. a) $(2 \times 14,0) + 16,0 = 44,0$ g/mol

b) $N_2O \rightarrow N_2 + 1/2\ O_2$. O volume do gás nitrogênio (N_2) seria o dobro do volume do gás oxigênio (O_2) nas mesmas condições de temperatura e pressão, pois essa é a relação que apresentam quanto ao número de mols, como se pode constatar na equação.

E9. O volume molar de um gás nas CNTP é 22,7 L, ou seja, esse volume corresponde ao volume de, aproximadamente, 11 garrafas PET.

E10. O volume de um cubo é calculado pelo valor de sua aresta (a) elevada ao cubo: $V = a^3$. Sendo assim, a aresta do cubo deverá ter, aproximadamente, 28,3 cm, ou seja, $V = (28,3\ cm)^3 = 22\ 665\ cm^3 = 22,665\ dm^3 = 22,665\ L$.

Questões

Q1. 2/1, que corresponde ao tubo 2.

Q2. a) Tubo 1. Pois se a relação ideal é de 2 de iodeto para 1 de nitrato, colocando 5 de iodeto haverá excesso.

b) Tubos 3, 4 e 5. Pois se a relação ideal é de 2/1, necessita-se sempre da metade de nitrato em relação ao iodeto. Colocando-se a mesma quantidade dos dois (tubo 3) ou mais de nitrato, haverá quantidade de nitrato de potássio além da proporção ideal.

Q3. O nitrato de chumbo.

Q4. O iodeto de potássio.

Q5. a) não

b) Se nenhuma reação ocorrer com o sobrenadante, significa que é a proporção ideal, ou seja, nem nitrato nem iodeto estão em excesso.

Q6. A formação do sólido amarelo.

Q7. **Comentário**: É interessante que, ao discutir esta questão, os alunos sejam levados a concluir, a partir dos resultados do quadro a seguir, qual reagente está em excesso. Você pode sugerir que eles preencham uma coluna a mais nesse mesmo quadro, de acordo com o modelo a seguir:

Conclusão sobre o reagente em excesso
iodeto
não há excesso
nitrato
nitrato
nitrato

Quadro MP.39 Questão Q7.

Q8. $Pb(NO_3)_2 + 2\ KI \rightarrow PbI_2 + 2\ KNO_3$ ou, se os alunos não utilizaram a proporção ideal encontrada no experimento para balancear essa equação, ela ficará:

$Pb(NO_3)_2 + KI \rightarrow PbI_2 + KNO_3$.

Comentário: Se necessário, ajude os alunos com as fórmulas das substâncias envolvidas. Não se pretende, nesse momento, que eles, necessariamente, saibam escrever essas fórmulas.

Q9. Sim. E deve ser, pois numa reação química há conservação de massa e, portanto, conservação dos átomos.

Q10. Comentário: Muitos alunos não utilizam a relação encontrada no experimento para responder à Q8. Nesta questão deve-se chamar a atenção para a conservação de massa e o correto balanceamento da equação.
$Pb(NO_3)_2 + 2\ KI \rightarrow PbI_2 + 2\ KNO_3$

Q11. $Pb(NO_3)_2\ (aq) + 2\ KI\ (aq) \rightarrow PbI_2\ (s) + 2\ KNO_3\ (aq)$

Q12. Os números que antecedem as fórmulas químicas, denominados coeficientes de balanceamento da equação.

Q13. a) de iodeto de potássio para cada 1 de nitrato de chumbo (II).

b) Sim, encontraria sempre uma proporção ideal entre as quantidades dos reagentes para formar os produtos, porém ela poderia ser diferente da relação ideal encontrada entre iodeto de potássio e nitrato de chumbo (II).

Q14. c (1,9 mg/g) × 100 g = 190 mg de F ou 0,19 g de F. Como 1 mol de Na_2PO_3F contém 1 mol de F, portanto, 144 g de Na_2PO_3F tem 19 g de F, ou seja, há 0,19 g de F em 1,44 g de Na_2PO_3F.

Q15. b Pois como a massa de 2 mols de $KMnO_4$ é 316,0 g, essa será a massa dos produtos. Como o produto gasoso é 1 mol de O_2, cuja massa molar é 32 g, a massa dos produtos sólidos será a diferença entre as massas: $316,0 - 32,0 = 284$ g.

Q16. b Pois 84 g de $NaHCO_3$ formam 53 g de Na_2CO_3. A diferença, 31 g, corresponde à massa dos gases liberados (0,5 mol de CO_2 + 0,5 mol de H_2O).

Q17. c A proporção ideal é de 116,0 g de butano para 416,0 g de oxigênio. Portanto, na proporção dada, o butano está em excesso. Como o oxigênio é o reagente limitante, os cálculos devem ser feitos a partir da quantidade de oxigênio, ou seja, se 416,0 g de O_2 correspondem a 180 g de H_2O, então 10,0 g de O_2 correspondem a 4,3 g de H_2O.

Q18. c Como 1 mol de $C_8H_{10}N_4O_2$ tem a massa de 194 g, então 582 g representam 3 mol de $C_8H_{10}N_4O_2$. C: 3 mol × 8 = = 24 mol de átomos de C, o que corresponde a $24 \times 6,0 \times 10^{23} = 1,44 \times 10^{25}$ átomos de C.

Q19. e A massa molar do ácido é 180 g/mol; assim, 120×10^{-3} g de ácido correspondem a $2/3 \times 10^{-3}$ mol. Da mesma forma como 1 mol corresponde a $6,02 \times 10^{23}$ moléculas do ácido, $2/3 \times 10^{-3}$ mol correspondem a $4,0 \times 10^{20}$ moléculas do ácido.

Q20. d Porque há uma proporção definida entre as massas de reagentes e produtos numa reação química.

Q21. a) Amarelo, pois no experimento 1 houve excesso do ácido e o indicador apresentou essa cor.

b) Verde, pois o excesso de ácido em 1 é o mesmo excesso da base em 3. Misturando-se as duas soluções, haverá neutralização total, como no experimento 2.

Q22. a) O aparecimento de NaCl sólido indica que a solução está saturada. Portanto, a concentração da solução é 6,16 mol/L ou 360 g/L, que é a solubilidade do NaCl em água.

b) Como 1 L de água do mar contém, aproximadamente, 25 g de NaCl, 1 000 g de NaCl estarão contidos em, aproximadamente, 40 L de água do mar.

Q23. a) SO_2 (g) + $Ba(OH)_2$ (aq) $\rightarrow$ $BaSO_3$ (s) + H_2O (l)

b) SO_3 (g) + $Ba(OH)_2$ (aq) $\rightarrow$ $BaSO_4$ (s) + H_2O (l)

c) Sabemos que: $S + O_2 \rightarrow SO_2$; e: SO_2 (g) + $Ba(OH)_2$ (aq) $\rightarrow$ $BaSO_3$ (s) + H_2O (l). Logo, 1 mol de S produz 1 mol de SO_2, que produz 1 mol de $BaSO_3$ · 3,2 g de S correspondem a 0,1 mol de S. São produzidos 0,1 mol de $BaSO_3$, cuja massa molar é 217 g. Portanto, são produzidos 21,7 g de $BaSO_3$.
Também sabemos que $S + 3/2\ O_2 \rightarrow SO_3$; e SO_3 (g) + + $Ba(OH)_2$ (aq) $\rightarrow$ $BaSO_4$ (s) + H_2O (l). Logo, 1 mol de S produz 1 mol de SO_3, que produz 1 mol de $BaSO_4$ · 3,2 g de S correspondem a 0,1 mol de S. São produzidos 0,1 mol de $BaSO_4$, cuja massa molar é 233 g. Portanto, são produzidos 23,3 g de $BaSO_4$.

d) O gás produzido foi o SO_2, pois a massa de sal formada a partir desse gás corresponde ao dado do problema.

Q24. a) SO_2 (g) + 1/2 O_2 (g) + $CaCO_3$ (s) $\rightarrow$ $CaSO_4$ (s) + CO_2 (g)

b) Como cada 1 mol de SO_2 (64 g/mol) corresponde a 1 mol de $CaCO_3$ (100 g/mol), temos que 64 g de SO_2 correspondem a 100 g de $CaCO_3$, ou seja, 640 t de SO_2 correspondem a 1 000 t de $CaCO_3$.

Q25. a) Cada mol de CO tem 28 g, ou seja, 0,5 mol de CO tem 14 g.

b) Como cada 1 SO_2 contém 2 mols de O, então 0,1 mol de SO_2 contém 0,2 mol de O. Da mesma forma, 1 mol de CO contém 1 mol de O, ou seja, 0,5 mol de CO contém 0,5 mol de O. No total: 0,2 + 0,5 = 0,7 mol, ou seja, 0,7 mol × × $6{,}02 \times 10^{23}$ átomos de O = $4{,}2 \times 10^{23}$ átomos de O.

Q26. a) Ácido: H_2CO_3 (62 g/mol).
$H_2CO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 + 2\ H_2O$
Como 62 g de H_2CO_3 correspondem a 100 g de $CaCO_3$, temos que 12,4 g de H_2CO_3 correspondem a 20 g de $CaCO_3$.

b) De acordo com a fórmula da substância, $Ca_x(PO_4)_3OH$, ela é constituída pelos íons: cátion: Ca^2+ e ânions: PO_4^{-3} e OH^-. Para que o total de carga positiva [$x \times (+2)$] seja igual ao total de carga negativa [$3 \times (-3) + (-1)$], deve-se ter $x = 5$.

Q27. a) De acordo com o gráfico, 3 mols do sal contêm 6 mols de átomos de Al, 9 mols de átomos do ametal (A) desconhecido e 27 mol de átomos de oxigênio. Portanto, em 1 mol desse sal: $Al_2A_3O_9$. A partir da massa molar, pode-se encontrar a massa atômica de A: $(2 \times 27) + (3 \times A) +$ $+ (9 \times 16) = 294$ g/mol. Logo, a massa atômica de A é 32 g/mol, que corresponde ao enxofre (S). A fórmula do sal é: $Al_2S_3O_9$, ou $Al_2(SO_3)_3$, sulfito de alumínio.

b) Em 1 mol do sal, temos $2 \times 27 = 54$ g de Al; portanto, em 5 mols tem-se 270 g de Al.

Q28. a) $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2 + 14\ H^+ \rightarrow 10\ Ca^2+ + 6\ H_2PO_4 +$ $+ 2\ H_2O$. A soma total será:
$1 + 14 + 10 + 6 + 2 = 33$.

b) $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ tem 1 004 g/mol, enquanto o Ca^{2+} tem 40 g/mol. Assim, como em 1 mol de hidroxiapatita tem-se 10 mols de íons cálcio, a massa de cálcio em 1 004 g de hidroxiapatita será de 400 g. Portanto, para uma massa de 10 mg, teremos 25,1 mg de hidroxiapatita.

Q29. a) As equações químicas são:
$SO_2 + 1/2\ O_2 \rightarrow SO_3$
$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$

b) H_2SO_4 tem 98 g/mol, portanto, 9,8 mg representam 10^{-4} mols de H_2SO_4. Pelas equações obtidas, reagiram, portanto, 10^{-4} mols de S (32 g/mol). A massa de S que reagiu é 32×10^{-4} g, que corresponde a 0,0032%.

Q30. e A equação que representa essa reação é: $2\ Na + O_2 \rightarrow$ $\rightarrow Na_2O_2$. De acordo com essa equação, 46 g de Na reagem com 32 g de O_2 produzindo 78 g de peróxido de sódio; então, para produzir 156 g de Na_2O_2, serão necessários 92 g de Na.

Q31. a) CO_2 (g) + 2 LiOH (s) $\rightarrow$ Li_2CO_3 (s) + H_2O (l)

b) 1 mol de CO_2 corresponde a 2 mols de LiOH; assim, 25 mol de CO_2 correspondem a 50 mol de LiOH. Como a massa molar do LiOH é 24 g/mol, então serão gastos 1 200 g de LiOH.

Q32. b $2\ HCl + 1\ Ca(OH)_2 \rightarrow 1\ CaCl_2 + 2\ H_2O$. A soma dos coeficientes: $2 + 1 + 1 + 2 = 6$.

Q33. e A equação envolvida é: $CO_2 + CaO \rightarrow CaCO_3$. De acordo com essa equação, 1 mol de CO_2 (44 g/mol) reage com 1 mol de CaO (56 g/mol). Então 5,3 g de CaO reagem com, aproximadamente, 4,15 g de CO_2.

Q34. b 3 FeO (s) + CO_2 (g) $\rightarrow$ Fe_3O_4 (s) + CO (g)

Q35. b $Ca_3(PO_4)_2 + 2\ H_2SO_4 \rightarrow Ca(H_2PO_4)_2 + 2\ CaSO_4$

Q36. e Em 160 g de Fe_2O_3 (1 mol) estão contidos 2 mols de Fe, então em 0,4 g está contido 0,005 mol de Fe. Em 44 g de CO_2 (1 mol) está contido 1 mol de C, então em 1,1 g está contido 0,025 mol de C. Como todo o ferro e todo o carbono, que no produto estão sob as formas de óxido de ferro e dióxido de carbono, estão nos reagentes sob a forma de $Fe_x(CO)_y$, podemos concluir que a relação $y/x = 0{,}025/0{,}005 = 5$.

Q37. b A equação balanceada para a reação é C_4H_{10} (g) + + 13/2 O_2 (g) $\rightarrow$ 4 CO_2 (g) + 5 H_2O (l). De acordo com a equação:

1) (F) As massas de gás carbônico e de água também dobrarão.

2) (V) Butano e gás oxigênio reagem numa proporção de 2 para 13.

3) (V) A queima de 58 g de butano (1 mol) produzirá 90 g de água (5 mol).

4) (F) Para a produção de 45,80 L de CO_2 serão necessários 29,26 g de butano (CNTP).

5) (F) Para a queima de 232 g de butano são necessários 590,2 L de O_2 (CNTP).

Q38. a O número de átomos se conserva nas reações químicas.

Q39. d 4 NH_3 (g) + 5 O_2 (g) $\rightarrow$ 4 NO (g) + 6 H_2O (g). A soma dos coeficientes:
$4 + 5 + 4 + 6 = 19$.

Q40. c O gás nitrogênio (N_2) é constituído por moléculas diatômicas (dois átomos) e apresenta massa molar 28 g/mol.

Q41. c

I. Os valores são referentes ao número de átomos contidos em <u>uma</u> molécula de $C_6H_8O_8$.

II. Os valores são referentes ao número de átomos contidos em <u>duas</u> moléculas de $C_6H_8O_8$.

III. Essa é a massa contida em 1 mol ($6{,}02 \times 10^{23}$) moléculas.

Q42. Se 8,4 g da substância contém $1,2 \times 10^{23}$ moléculas, então 42 g conterão 6×10^{23} moléculas (1 mol da substância). Logo, a massa molar da substância é 42 g/mol. Desses 42 g, 6 g são de H e 36 g de C. Como a massa molar do C é 12 g/mol, então em 36 g de C estão contidos 3 mols de C. As moléculas da substância apresentam uma proporção de 3 carbonos para 6 hidrogênios. $x = 3$.

Q43. a) Em 342 g de sacarose (1 mol) estão contidas 6×10^{23} moléculas, então em 5,7 g estão contidas 10^{22} moléculas.

Q44. e $2\ H_2 + O_2 \rightarrow 2\ H_2O$. Numa reação química a massa se conserva porque os átomos que constituem o reagente são os mesmos que constituem os produtos. No entanto, o número de moléculas pode variar como é o caso dessa reação em que 3 moléculas reagentes formam 2 moléculas de produtos. Então, II e III estão corretas.

Q45. a) De acordo com a densidade, em 1 cm^3 está contido 0,8 g dessa substância, então em 1 000 cm^3 (1 L) estão contidos 800 g. Como em 46 g de álcool, que é sua massa molar, estão contidas 6×10^{23} moléculas, então em 800 g estarão contidas $1,0 \times 10^{25}$ moléculas de álcool.

Q46. c) De acordo com o gráfico, 60 g de Mg reagem com 40 g de O_2. Como o único produto da reação é o MgO, então sua massa será 100 g, sobrando 20 g de O_2 sem reagir.

Q47. Cada mol de ferro contém 26 mols de elétrons, então cada mol de íons Fe^{3+} contém 23 mols de elétrons. Assim, 4,6 mols de elétrons estarão contidos em 0,2 mol de Fe^{3+}. Como a massa molar do ferro é aproximadamente 56 g/mol, em 0,2 mol estarão contidos 11,2 g desse íon.

Q48. 3×10^{24} átomos de Ca correspondem a 5 mols de Ca ou 200 g de Ca. Em 5 mols de O_2 estão contidos 160 g desse gás. Assim, $40 + 200 + 160 = 400$ g.

Q49. c A cada 2 mols de Na reagente são formados 2 mols de NaOH, então 46 g de sódio reagente produzem 80 g de NaOH. Logo, 4,6 g de Na produzirão 8,0 g de NaOH.

Q50. d De acordo com a equação, 2 mols de NaCl reagente (117 g) produzem 1 mol de Cl_2 (71 g); então, para produzir 25 toneladas de Cl_2, serão necessárias 41 toneladas de NaCl.

Q51. a) $Ca_3(PO_4)_2 + 3\ H_2SO_4 \rightarrow 2\ H_3PO_4 + 3\ CaSO_4$

b) De acordo com a equação, 1 mol de $Ca_3(PO_4)_2$ reagente (310 g) produzem 2 mols de H_3PO_4 (196 g); então, para produzir 588 g do ácido, serão necessários 930 g de $Ca_3(PO_4)_2$ reagente.

Sugestões de leitura para formação do professor

- BORTOLAI, M. M. S.; REZENDE, D. B. A ressignificação do conceito de transformação por educandos do Ensino Médio. *Investigações em Ensino de Ciências,* vol. 16, n. 3, pp. 425-441, 2011. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID270/v16_n3_a2011.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2013.

Este artigo relata a ressignificação do conceito de transformação por estudantes do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola da rede pública estadual. Os resultados indicam que os educandos necessitam de discussões amplas para modificar sua estrutura cognitiva e atingir o pensamento conceitual. O artigo é importante para a formação de professores, pois relata uma atividade de ressignificação de um conceito chave na compreensão das reações químicas.

- CAMPOS, R. C.; SILVA, R. C. De massas e massas atômicas. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 19, 2004. p. 88-10. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc19/a03.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

Este artigo apresenta uma atividade experimental para duas sessões de laboratório de Química, envolvendo teoria atômica e das leis ponderais das reações químicas. São abordadas as relações de massa na queima do ferro como evidências diretas da Lei de Proust. É proposta a utilização de clipes de papel como modelos de partículas materiais para o estudo das relações conceituais entre massas e massas atômicas.

- CHASSOT, A. *Catalisando transformações na Educação*. Ijuí: Ed. da Unijuí, 1995, 3. ed.

No capítulo "Do fantasticamente pequeno ao fantasticamente grande" o autor explora as diferentes dimensões que são abordadas na Química.

- ROCHA-FILHO, R.; SILVA, R. R. Mol: uma nova terminologia. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 1, 1995. p. 12-4. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc01/atual.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

Este texto trata das novas abordagens para alguns conceitos da Química muito usados em livros-texto, em função da redefinição do significado da palavra "mol".

- ___. *Introdução aos cálculos da Química*. São Paulo: Makron/McGraw-Hill, 1992.
- SILVA, R. R. Temperatura, pressão e volume molar. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 2, nov. 1995. p. 12. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc02/atual2.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

Este artigo trata das novas Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP) e do novo valor para o volume molar de um gás nas CNTP.

Sugestões de páginas na internet

<www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=212&VISUALIZANDO+O+VOLUME+MOLAR>

Nesta página do Ponto Ciência você vai ter acesso a uma estrutura que permite enxergar o volume de um mol de gás nas CNTP. Acesso em: 25 abr. 2012.

<http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/reactants-products-and-leftovers>

Neste endereço você vai ter acesso a uma simulação envolvendo a questão das quantidades de reagentes e produtos em uma reação química. Aborda a questão dos reagentes limitantes e do excesso de reagente. Acesso em: 11 jan. 2013.

<www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=218&MOL+DE+CADA+COISA>

Nesta página você vai visualizar as quantidades correspondentes a um mol das seguintes substâncias: água, dicromato de potássio, permanganato de potássio, carbono (grafite), sulfato de cobre pentahidratado, iodeto de chumbo e bicarbonato de sódio. Acesso em: 25 abr. 2012.

Sugestão de vídeo

<https://www.youtube.com/watch?v=XMoriAjrF18>

Vídeo apresenta um caminho para o balanceamento de equações químicas por meio de um sistema de equações lineares. Acesso em: 11 jan. 2013.

Capítulo 9 — Ligações químicas, interações intermoleculares e propriedades dos materiais

Professor

Aqui começam as orientações para o Capítulo 9 (p. 274 a p. 309)

Objetivos do capítulo

Neste capítulo, vamos focalizar as propriedades dos materiais, buscando compreender como os modelos de ligação química permitem explicar essas propriedades. Não enfatizamos o estudo das ligações como forma de aprender a escrever as fórmulas das substâncias nem apresentamos a gênese das ligações a partir da formação do par iônico, por exemplo, do NaCl. Acreditamos que essa abordagem, que procura explicar a formação das ligações, tendo por base a regra do octeto, é equivocada, pois não trabalha com a ideia de que a ligação química resulta na diminuição da energia do sistema, esse sim responsável pela estabilidade das substâncias formadas. Para uma crítica à abordagem de ligações químicas a partir da regra do octeto, recomendamos a leitura do artigo "Regra do octeto e teoria da ligação química no Ensino Médio: dogma ou ciência?", indicado nas "Sugestões de Leitura para Formação do Professor" deste capítulo.

São discutidas também neste capítulo as propriedades de algumas substâncias orgânicas. Discute-se, por exemplo, como o modelo de interações intermoleculares explica por que hidrocarbonetos de cadeia linear têm temperatura de fusão e ebulição mais elevada do que aqueles de cadeia ramificada e de mesma massa molar. Aqui, pela primeira vez, começamos a implementar nossa visão de que, num estudo introdutório da Química, é conveniente evitar uma separação muito grande entre Química orgânica e Química inorgânica. Sempre que possível, as propriedades das substâncias orgânicas serão tratadas no contexto adequado, com as substâncias inorgânicas.

Sugestões para a organização do trabalho com os alunos

No **Projeto 1** – "O uso dos materiais, suas propriedades e os modelos de ligação química" –, vamos trabalhar com diversos tipos de materiais que serão objeto de investigação pelos alunos. Você poderá dividi-los em grupos e sugerir a cada um a abordagem de um dos temas. Sugerimos alguns materiais, mas você poderá incluir outros.

Gostaríamos de sugerir que você aproveite este projeto para criar oportunidades para o desenvolvimento de outras habilidades. Seria importante que, além de consultar diferentes referências bibliográficas e ter acesso a páginas na internet, seus alunos pudessem realizar uma visita, com o objetivo de levantar informações para a elaboração do relatório final, como sugerimos nas orientações do projeto. Oriente-os para que visitem alguma empresa na qual o material em questão seja produzido e/ou utilizado.

As visitas são excelentes oportunidades para que os alunos desenvolvam habilidades relacionadas à preparação da visita e à visita propriamente dita. Em relação à preparação da visita, eles vivenciam o trabalho em equipe, exercitando a organização social do grupo. Além disso, precisam se aprofundar no assunto para sugerir perguntas e direcionar as observações para pontos que necessitam de esclarecimento.

O momento da visita é fundamental para ampliar as experiências dos adolescentes no contato com pessoas e formas de trabalho diferentes daqueles de sua convivência diária. Durante a visita, os estudantes viverão a experiência de se fazer entender e de compreender a riqueza das contribuições que virão do contato com pessoas que possuem grande experiência em uma área específica.

Acreditamos que esse tipo de abordagem possibilitará uma vivência dos alunos não só com a informação, mas com a interação com o mundo social e com os diferentes conteúdos, ligados aos contextos nos quais o conhecimento químico funciona.

Sugerimos que o Projeto 1 seja desenvolvido concomitantemente ao capítulo, pois, à medida que os conceitos de ligações químicas forem discutidos, poderão ser incorporados ao trabalho de investigação sobre os materiais.

O **Texto 1** – "Propriedades dos materiais e tipos de ligações químicas" – vai explorar as relações entre propriedades e as ligações químicas, apresentando os modelos em linhas gerais.

A **Atividade 1** – "Modelos de ligação química e propriedades dos materiais" – vai possibilitar um exercício de proposição de critérios para agrupar as substâncias tendo em vista as propriedades apresentadas. O objetivo principal é trabalhar a importância de critérios para a organização do conhecimento químico. Consideraremos as propriedades organolépticas, a temperatura de fusão, a condutividade elétrica e a solubilidade como propriedades importantes para serem consideradas e relacionadas aos tipos de substâncias que por sua vez serão relacionadas aos modelos de ligações químicas. Queremos

desenvolver aqui a habilidade de relacionar os fenômenos com os modelos teóricos. Por isso é importante que os alunos pensem nas questões e respondam-nas utilizando ideias apresentadas no Texto 1 e os dados relacionados às propriedades dos materiais.

Na **Parte A** – "Propriedades organolépticas das substâncias" – o objetivo é trabalhar com as propriedades organolépticas como critério para organizar as substâncias em grupos. A principal conclusão aqui é que apenas esses critérios não são suficientes para a organização das substâncias em grupos. Na **Parte B** – "Temperatura de fusão" – o objetivo é trabalhar com as temperaturas de fusão como critério para organizar as substâncias em grupos.

Na **Parte C** – "Condutividade elétrica no estado sólido" – o objetivo é trabalhar a condutividade elétrica no estado sólido como critério para organizar as substâncias em grupos. Os alunos testarão a condutividade elétrica de algumas substâncias. Você pode optar por fazer isso de forma demonstrativa, mas também poderá construir dispositivos bem simples com os alunos em número suficiente para medir a condutividade. Na seção "Sugestões de páginas na internet", para este capítulo, há um *link* em que você vai encontrar instruções para construir um instrumento para testar a condutividade elétrica. Os testes de solubilidade e de condutividade em solução aquosa e em aguarrás podem ser feitos por cada um dos grupos de alunos. Ao final desta atividade, é fundamental que se faça uma discussão sobre as propriedades e sua relação com os modelos já discutidos no Texto 1.

Na **Parte D** – "Solubilidade em água (solvente polar) e aguarrás (solvente apolar)" – o objetivo é trabalhar com a solubilidade em água e aguarrás como critério para organizar as substâncias em grupos. Para esta parte, você vai organizar amostras das substâncias de forma que o recipiente que as contenha não venha com o nome das substâncias. Como os alunos irão trabalhar com aguarrás, é importante que o ambiente esteja bem arejado. É necessário, também, perguntar se algum aluno é alérgico ou sensível ao cheiro de aguarrás. Se for identificado algum aluno com essa sensibilidade, você pode optar por fazer uma demonstração em lugar bem ventilado. Se a opção for pela demonstração, garanta que todos observem e faça perguntas, para que a interação com eles se estabeleça. A questão Q13 solicita que os alunos busquem, por conta própria, saber o que são solventes alifáticos. Eles podem resolver a questão em casa ou você pode disponibilizar materiais de consulta na sala de aula. A questão Q14 solicita que eles elaborem uma explicação para o fato de a aguarrás e a água serem imiscíveis. Os alunos ainda não têm condições de apresentar uma explicação profunda, mas podem exercitar a busca por essa explicação. Uma resposta mais completa vai ser possível ao final do capítulo, quando você poderá, então, retomar essa explicação.

Tenha cuidado!

Na **Parte E** – "Condutividade elétrica em solução aquosa e em solução de aguarrás" – o objetivo é trabalhar a condutividade elétrica nessas duas soluções como critério para organizar as substâncias em grupos. Os alunos podem testar em grupos ou você pode fazer uma demonstração interativa. Lembre-se de cuidar da ventilação do ambiente!

Tenha cuidado!

Na **Parte F** – "Síntese dos resultados" – o objetivo é propor que o aluno faça uma síntese com todos os dados obtidos. É uma boa tarefa para ser feita em casa. É importante que você retome a discussão desta atividade fazendo um fechamento bem detalhado, retomando cada etapa e explicitando os objetivos e as relações que foram estabelecidas.

O **Texto 2** – "Ligações químicas: as ligações covalentes" – apresenta um modelo para a formação da ligação covalente. Discutimos detalhadamente o diagrama de energia em função da distância internuclear na formação da molécula de hidrogênio. A discussão desse diagrama é importante, mas não é tarefa fácil. Recomendamos que você cheque o entendimento dos alunos várias vezes. O texto apresenta a articulação entre as propriedades das substâncias moleculares e as interações intermoleculares, além das propriedades dos sólidos covalentes, as interações de Van der Waals, as ligações de hidrogênio e a polaridade.

O **Texto 3** – "Ligações químicas: as ligações iônicas" – discute o modelo de ligações iônicas e apresenta sua relação com as propriedades das substâncias iônicas.

O **Texto 4** – "Ligações químicas: a ligação metálica" – discute o modelo de ligações metálicas e apresenta sua relação com as propriedades das substâncias metálicas.

O **Texto 5** – "Água = H_2O?" – é um texto mais simples e você pode sugerir que a leitura seja feita em casa, garantindo uma discussão em sala de aula.

Resolução de atividades e questões

Atividades

A1.

Substância	Propriedades organolépticas
a) açúcar (sacarose) $C_{12}H_{22}O_{11}$	granulado branco, opaco, sem cheiro
b) grafite – $C_{grafite}$	sólido poroso, negro, opaco, sem cheiro, quebradiço
c) alumínio – Al	sólido prateado, sem cheiro, brilhante, maleável
d) cobre – Cu	sólido dourado, sem cheiro, brilhante, maleável
e) iodo – I_2	granulado negro, com leve brilho metálico, opaco, o frasco apresenta vapores violeta
f) quartzo – SiO_2	cristal transparente, sem cheiro
g) iodeto de potássio – KI	pó branco, opaco, sem cheiro
h) naftaleno – $C_{10}H_8$	pó branco, com odor característico
i) ferro – Fe	sólido acinzentado, sem cheiro, com brilho, maleável
j) cloreto de sódio – NaCl	pó branco, opaco, sem cheiro

Quadro MP.40 Atividade A1.

6

manual do professor

Comentário: Na descrição das propriedades organolépticas, os alunos costumam caracterizar algumas substâncias como **leves** ou **pesadas**. Nesse caso, é importante ressaltar que a propriedade em questão é a densidade dos materiais e não exatamente a sua massa, que depende do tamanho da amostra fornecida. Seria mais adequado referir-se a um determinado material como **mais denso** ou **menos denso**. Oriente os alunos a **não cheirarem** os **materiais**. O vapor de iodo, por exemplo, é muito irritante para os olhos e as mucosas.

A3.

Substâncias boas condutoras	Substâncias más condutoras
b, c, d, i	a, e, f, g, h, j

Quadro MP.41 Atividade A3.

A7 e **A8**.

Substâncias solúveis em água	Substâncias solúveis em aguarrás	Substâncias insolúveis
A, G, J	*E, H*	*B, C, D, F, I*

Quadro MP.42 Atividades A7 e A8.

Comentário: A substância ***E*** (iodo, solubilidade em água: 0,335 g/L) é parcialmente solúvel em água, fornecendo uma coloração amarelada.

A9. Água e aguarrás são imiscíveis, ou seja, não se misturam. O sistema apresenta duas fases, sendo que a aguarrás fica na fase superior.

Comentário: Como a aguarrás é incolor como a água, pode-se pedir aos alunos que sugiram um teste para identificar qual líquido está na fase superior e qual está na fase inferior. Uma possibilidade é acrescentar ao sistema uma substância colorida que seja, por exemplo, solúvel em água e não em aguarrás, como o sulfato de cobre (II).

A10.

Soluções boas condutoras	Soluções más condutoras
G, J	*A*

Quadro MP.43 Condutividade elétrica das soluções aquosas.

A11.

Soluções boas condutoras	Soluções más condutoras
não tem	*E, H*

Quadro MP.44 Condutividade elétrica das soluções de aguarrás.

A12.

Substância	Condutividade elétrica no estado sólido	Solubilidade em água	Solubilidade em aguarrás	Condutividade elétrica em solução	Aspecto da substância	Temperatura de fusão
A	não	sim	não	não	granulado branco, opaco, sem cheiro	185 °C
B	sim	não	não	não	sólido poroso, negro, opaco, sem cheiro, quebradiço	3 825 °C
C	sim	não	não	não	sólido prateado, sem cheiro, brilhante, maleável	659 °C
D	sim	não	não	não	sólido dourado, sem cheiro, brilhante, maleável	1 083 °C
E	não	não	sim	não	granulado negro, com leve brilho metálico, opaco, o frasco apresenta vapores rosados	114 °C
F	não	não	não	não	cristal transparente, sem cheiro	1 610 °C
G	não	sim	não	sim	pó branco, opaco, sem cheiro	686 °C
H	não	não	sim	não	pó branco, com odor característico	80 °C
I	sim	não	não	não	sólido acinzentado, sem cheiro, com brilho, maleável	1 535 °C
J	não	sim	não	sim	pó branco, opaco, sem cheiro	801 °C

Quadro MP.45 Propriedades das substâncias de A a J.

A13.

Substâncias agrupadas	Critérios usados para classificação
G, J	Solúveis em água, conduzem corrente elétrica em solução aquosa e não conduzem corrente elétrica no estado sólido.
E, H	Insolúveis em água e solúveis em aguarrás. Não conduzem corrente elétrica no estado sólido nem em solução.
A	Solúvel em água e insolúvel em aguarrás. Não conduz eletricidade no estado sólido, nem em solução aquosa.
F	Não conduz eletricidade, insolúvel em água e em aguarrás.
B	Conduz eletricidade no estado sólido, insolúvel em água e em aguarrás.
C, D, I	Conduz eletricidade no estado sólido, insolúvel em água e em aguarrás.

Quadro MP.46 Substâncias agrupadas e critérios usados para classificação.

Comentário: O ideal é que o aluno tente usar o maior número de propriedades possível para agrupar as substâncias. Existem outros critérios de classificação; esse é apenas um exemplo.

Questões

Q1. a) Rompendo interações intermoleculares; formando interações intermoleculares.

b) Rompendo interações intermoleculares; formando interações intermoleculares.

c) Rompendo ligações metálicas.

d) Rompendo interações intermoleculares.

e) Rompendo ligações iônicas.

Q2.

Substância	Temperatura de fusão	Tipo de interação intermolecular ou de ligação química rompida na fusão	Intensidade da ligação química ou da interação intermolecular
açúcar (sacarose)	baixa	interação intermolecular	fraca
cobre	alta	ligação metálica	forte
cloreto de sódio	alta	ligação iônica	forte
naftalina	baixa	interação intermolecular	fraca
diamante	alta	ligação covalente	forte

Quadro MP.47 Questão Q2.

Q3. **Comentário**: O objetivo desta questão é criar a oportunidade para os estudantes refletirem e proporem modelos para a solvatação do cloreto de sódio na água. Eles não conseguirão, necessariamente, chegar sozinhos ao modelo considerado cientificamente correto. Espera-se que, a partir dos modelos propostos, você conduza a discussão que os ajudará a compreender as ideias científicas.

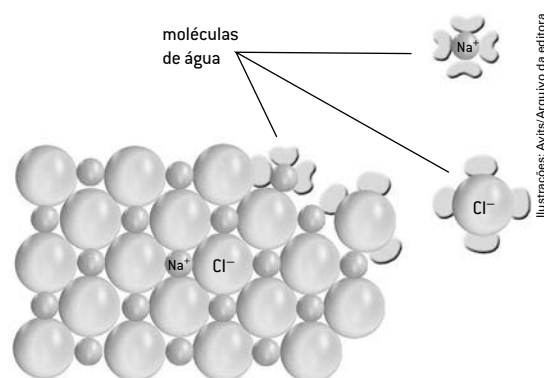



Figura MP.28 Questão Q3.

Q4. a) A casa que teve a tinta removida foi a casa pintada com cal, pois há formação de interações entre a cal e a água da chuva.

b) O componente da mistura que se dissolveu foi o sal de cozinha e o que não se dissolveu foi a areia. Isso pode ser explicado pela possibilidade de se formarem interações entre sal-água, o que não ocorre entre areia e água. **Comentário**: Quando ocorre a dissolução, a formação das novas interações entre soluto-solvente libera energia, compensando a energia consumida na quebra das ligações/interações soluto-soluto.

Q5. a) A condução de corrente elétrica pode ser explicada pela presença de íons móveis na solução contendo cloreto de sódio ($Na+$ e Cl^-), enquanto o açúcar, que é uma substância molecular, ao se dissolver em água, não forma íons que possam conduzir a corrente elétrica.

b) No estado sólido, os íons que formam o retículo cristalino do composto iônico estão fixos e não podem se movimentar; portanto, não conduzem corrente elétrica.

c) Sim. Nesse caso, os íons que formam o cloreto de sódio (Na^+ e Cl^-) ficam livres e podem conduzir a corrente elétrica.

d) No estado sólido, os íons que formam o retículo cristalino do composto iônico estão fixos e não podem se movimentar; portanto, não conduzem corrente elétrica. Já no estado líquido, os íons estão livres para se movimentar, podendo conduzir a corrente elétrica.

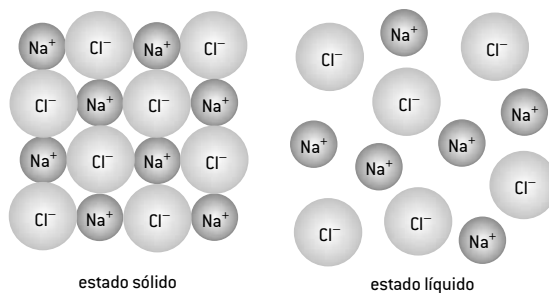



Figura MP.29 Questão Q5.

Q6. a) Cobre e alumínio são os de uso mais comum (cobre, porque é melhor condutor, e alumínio, porque é mais barato); ligas metálicas como constantan (composta por cobre e níquel) e nicromo (composta por níquel e cromo), usadas em resistências de aparelhos elétricos. Metais como ouro,

prata e platina encontram aplicações mais específicas, como em *chips* semicondutores.

b) São todos metais.

c) A presença de elétrons móveis explica a condutividade elétrica dos metais.

Q7. Sim. O grupo das substâncias que estão na forma de pó ou grãos e o grupo das que não estão na forma de pó ou grãos. **Comentário**: Podem surgir outras formas de agrupar as substâncias, de modo que se verifica que essas propriedades não são suficientes para classificar as substâncias de acordo com os modelos de ligação química.

Q8. Durante a fusão, dependendo do tipo de substância, rompem-se as ligações químicas entre os átomos ou as interações entre as moléculas.

Q9. A temperatura de fusão depende da força da ligação ou interação entre as partículas. Para as substâncias que apresentam altas temperaturas de fusão, ocorre o rompimento de ligações fortes entre os átomos. Já para aquelas que apresentam baixos valores de temperatura de fusão ocorre o rompimento de interações entre as moléculas. Assim, para as substâncias moleculares, em que são rompidas as interações intermoleculares, as temperaturas de fusão são mais baixas do que as temperaturas de fusão de substâncias em que são rompidas ligações entre átomos, como nas substâncias iônicas, metálicas e nos sólidos covalentes.

Q10. Sim. As substâncias com baixos valores de temperatura de fusão (*a*, *e*, *h*) e as com altos valores (*b*, *c*, *d*, *f*, *g*, *i*, *j*). **Comentário**: Pode-se pensar em agrupar as substâncias em três grupos: aquelas com baixas temperaturas de fusão (*a*, *e*, *h*), aquelas com temperaturas de fusão intermediárias (*c*, *g*, *j*) e aquelas com altas temperaturas de fusão (*b*, *d*, *f*, *i*).

Q11. A presença de elétrons livres que podem se movimentar.

Q12. Sim. O grupo das substâncias boas condutoras, que possuem elétrons livres, e as más condutoras, que não possuem elétrons livres.

Q13. A aguarrás é uma mistura de hidrocarbonetos alifáticos, ou seja, compostos orgânicos cujas moléculas são cadeias abertas constituídas apenas por carbono e hidrogênio. Essa substância é muito utilizada como solvente.

Q14. Água (solvente polar) e aguarrás (solvente apolar) não são miscíveis porque não formam interações entre si, já que a sua polaridade é muito distinta.

Q15. As diferenças de solubilidade estão relacionadas com a polaridade das substâncias, que pode definir as interações entre soluto e solvente. Portanto, as substâncias solúveis em aguarrás provavelmente são apolares ou fracamente polares e aquelas solúveis em água provavelmente apresentam um caráter polar mais acentuado. **Comentário**: As expressões “semelhante dissolve semelhante” e “polar dissolve polar e apolar dissolve apolar”, que costumam surgir na fala dos alunos, não são totalmente adequadas para explicar as diferenças de solubilidade entre as substâncias. A polaridade pode colaborar para a previsão de solubilidade das substâncias, mas não deve ser tratada como uma regra infalível.

Q16. Sim. Podem-se identificar três grupos: o das substâncias solúveis em água, o das substâncias solúveis em aguarrás e o das completamente insolúveis.

Q17. A mobilidade de íons na solução.

Q18. No estado sólido, os íons estão fixos e não podem se movimentar. Em solução, os íons podem se movimentar e, portanto, conduzem corrente elétrica.

Q19. Grupo das substâncias condutoras e grupo das substâncias não condutoras. Mesmo sendo solúveis, algumas substâncias não apresentam íons e, portanto, não conduzem eletricidade.

Q20. **Comentário**: É normal cada grupo usar critérios diferentes. Usando o critério de solubilidade em água, a substância *A* pode ser agrupada com *G* e *J*. Por outro lado, quando se considera a condutividade em solução, a substância *A* é agrupada com *E* e *H*. Verifica-se que, quanto maior o número de propriedades usado para fazer o agrupamento das substâncias, mais próximo dos modelos de ligações químicas é possível chegar.

Q21. Não.

Q22.

Grupo		Características do modelo
substâncias moleculares	*A, E, H*	Baixa temperatura de fusão, não conduzem corrente elétrica, solubilidade dependente da polaridade da substância.
substâncias iônicas	*G, J*	Alta temperatura de fusão, não conduzem corrente elétrica no estado sólido, mas conduzem em solução, solúveis em água.
sólidos covalentes	*B, F*	Alta temperatura de fusão, insolúveis em água e aguarrás e conduzem corrente elétrica caso possuam elétrons livres.
substâncias metálicas	*C, D, I*	Alta temperatura de fusão, conduzem corrente elétrica, insolúveis em água e aguarrás.

Quadro MP.48 Questão Q22.

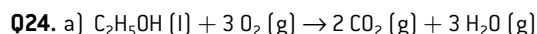
Q23. Substâncias iônicas: Possuem alta temperatura de fusão devido à forte atração entre os íons de cargas opostas no estado sólido; não conduzem corrente elétrica no estado sólido, já que seus íons não apresentam liberdade de movimento, estando presos no retículo cristalino; muitos são solúveis em água, pois podem formar interações fortes com esse solvente.

Comentário: Nesse momento, é possível discutir a polaridade da molécula de água, considerando sua geometria (angular) e a eletronegatividade dos átomos envolvidos (oxigênio mais eletronegativo do que hidrogênio). Embora a ligação covalente e a polaridade da água só sejam discutidas nos textos 2 e 5, podem-se introduzir esses conceitos aqui para discutir melhor a solubilidade das substâncias iônicas e moleculares. É interessante discutir a orientação das moléculas de água na solvatação dos íons ou moléculas: oxigênio da água, parcialmente negativo, aproxima-se dos cátions ou das regiões parcialmente positivas das moléculas; hidrogênio da água, parcialmente positivo, aproxima-se dos ânions ou das regiões parcialmente negativas das moléculas.

- Substâncias metálicas: Possuem alta temperatura de fusão, devido à forte atração entre os átomos no estado só-

lido; conduzem corrente elétrica no estado sólido por possuírem elétrons livres; são insolúveis em qualquer solvente, pois a energia consumida na quebra das ligações metálicas é muito maior do que a energia que poderia ser liberada na formação de interações com o solvente.

- Substâncias moleculares: Apresentam baixa temperatura de fusão porque essa propriedade é determinada pelas interações intermoleculares que são relativamente fracas; não conduzem corrente elétrica no estado sólido por não possuírem elétrons livres; não conduzem corrente elétrica em solução por não possuírem íons; podem ser solúveis ou insolúveis, dependendo de sua polaridade.
- Sólidos covalentes: Apresentam alta temperatura de fusão, devido à forte atração entre os átomos no estado sólido (a ligação covalente não é rompida facilmente); não conduzem corrente elétrica (exceto a grafite) e são insolúveis em solventes polares e apolares porque não é possível substituir as ligações covalentes pelas interações soluto-solvente.

Q24. a) $C_2H_5OH (l) + 3 O_2 (g) \rightarrow 2 CO_2 (g) + 3 H_2O (g)$

b) Pode-se afirmar que a energia dos reagentes é maior que a dos produtos.

c) A energia de ligação dos produtos é maior que a dos reagentes.

d) Os produtos apresentam maior estabilidade que os reagentes, pois têm menor energia.

Q25. Quanto maior a energia de uma substância, mais reativa e menos estável ela é. Da mesma forma, quanto menor sua energia, menos reativa e mais estável ela é.

Q26. a)

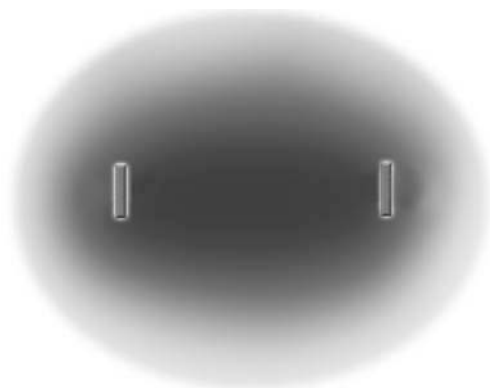



Figura MP.30 Questão Q26.

b)

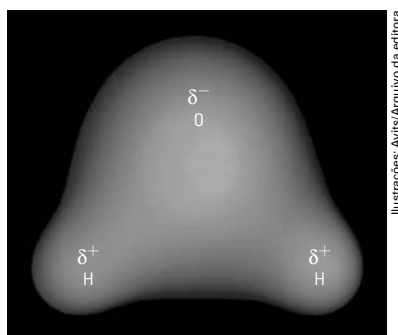



Figura MP.31 Questão Q26.

Q27.

Fórmula do hidreto	Massa molar (g/mol)	Temperatura de ebulição (°C)	Grupo da tabela periódica
CH_4	16	−161,4	14 (4A)
SiH_4	32	−112	14 (4A)
GeH_4	76,6	−88,5	14 (4A)
SnH_4	122,7	−52	14 (4A)
H_2O	18	100	16 (6A)
H_2S	34	−85,5	16 (6A)
H_2Se	81	−41,5	16 (6A)
H_2Te	129,6	−49	16 (6A)
HF	20	19,5	17 (7A)
HCl	36,5	−85	17 (7A)
HBr	81	−67	17 (7A)
HI	128	−35	17 (7A)

Quadro MP.49 Temperaturas de ebulição para alguns hidretos.

Q28.

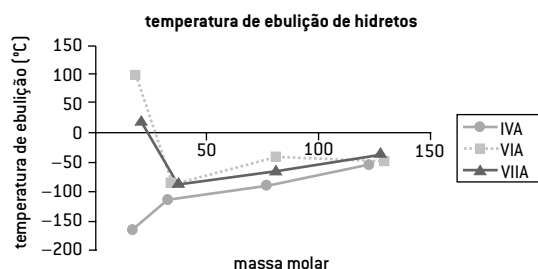



Figura MP.32 Questão Q28.

Q29. a) Quanto menor a massa molar, menor a temperatura de ebulição.

b) A força da interação é proporcional à massa molar. A massa molar está relacionada ao tamanho das partículas. Assim, quanto maior a massa molar, maior é o número de interações entre as moléculas e mais forte a ligação entre elas. Portanto, maior a temperatura de ebulição.

Q30. a) H_2O e HF

b) Nas duas substâncias existe uma interação intermolecular conhecida como ligação de hidrogênio, que é uma interação relativamente forte, quando comparada às outras interações intermoleculares. Quanto mais forte a interação, maior a temperatura de ebulição.

Q31. As moléculas polares como o HF apresentam maior temperatura de ebulição que as moléculas apolares como o CH_4. Isso ocorre porque as interações intermoleculares presentes nas moléculas apolares são do tipo Van der Waals, que são interações mais fracas que as interações presentes nas moléculas polares, que podem ser do tipo dipolo-dipolo. No caso específico do HF, essa interação dipolo-dipolo é a ligação de hidrogênio.

Q32. As cerâmicas são substâncias que devem possuir grande estabilidade, o que explica sua pouca reatividade. Possuem ligações fortes entre as partículas (ligações iônicas e covalentes), o que justifica a alta temperatura de fusão. São sólidas e devem possuir rede cristalina com espaços entre as partículas, o que justifica a baixa densidade. O fato de serem quebradiças está relacionado ao deslizamento das camadas de átomos umas sobre as outras, especialmente no caso das substâncias iônicas presentes.

Q33. Isso pode ser explicado pelo fato de que, quanto maior a carga, maior será a atração eletrostática entre os íons e, consequentemente, mais forte a ligação. A carga do íon Ca^{2+} é maior que a carga do íon K^{+}; portanto, a atração eletrostática é maior no composto CaF_2.

Q34. Porque a temperatura de fusão do sal de cozinha é muito maior (801 °C) do que a temperatura que a chama do fogão pode alcançar ($\cong$ 400 °C).

Q35. No composto KNO_3, o potássio apresenta carga $+1$ (K^{+1}) e o nitrato apresenta carga -1 (NO_3^-), enquanto no composto PbI_2 o chumbo apresenta carga $+2$ (Pb^{+2}) e o iodeto apresenta carga -1 (I^-). Dessa forma, a atração eletrostática entre os íons chumbo (II) e iodeto é maior que a atração entre os íons potássio e nitrato, pois o chumbo apresenta carga maior, ocasionando uma menor solubilidade devido à maior interação eletrostática entre os íons.

Q36. a) Porque nas panelas de barro, o calor é transmitido de um átomo a outro exclusivamente pela vibração dessas partículas. Além disso, não apresentam cargas móveis para propagar o calor; portanto, demoram a aquecer, mas também demoram a esfriar.

b) Porque o alumínio apresenta elétrons livres que são os responsáveis pela propagação rápida do calor, ou seja, ele se aquece rápido, mas se esfria rápido também, quando perde calor para o meio.

Q37. O copo de vidro mantém a bebida gelada por mais tempo em um dia de calor, pois o vidro não apresenta cargas em movimento capazes de conduzir o calor, enquanto o alumínio apresenta essas cargas móveis que conduzem o calor.

Q38. c O CH_4 e o I_2. **Justificativa**: O metano é apolar e o metanol é polar. As interações entre moléculas polares são mais fortes do que as entre apolares. O cloreto de sódio é uma substância iônica enquanto o ácido clorídrico é uma substância molecular; portanto, o cloreto de sódio apresenta maior temperatura de fusão. O SiO_2 é um sólido covalente enquanto a água é uma substância molecular; portanto, o sólido covalente apresenta maior temperatura de fusão. O iodo é uma substância molecular e o ferro é uma substância metálica; portanto, o ferro tem maior temperatura de fusão.

Q39. d Não existe atração a uma distância infinita.

Q40. c A densidade é uma propriedade que se relaciona com o estado de agregação entre as partículas e não com a sua massa.

Q41. d A maioria dos sólidos iônicos é insolúvel em água, já que a solubilidade dessas substâncias depende da carga dos íons. Maior a carga, menor a solubilidade.

Q42. a

Q43. a A distância entre o ânion e cada um dos cátions é a mesma.

Q44. c

Q45. c

Q46. a

Q46. a)

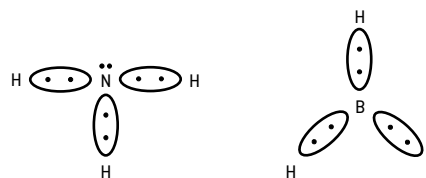



Figura MP.33 Questão Q46.

b) O nitrogênio é um átomo muito mais eletronegativo do que o hidrogênio e o boro. Assim, átomos de hidrogênio ligados a nitrogênio ficam deficientes de elétrons, podendo interagir fortemente com outros átomos de nitrogênio de moléculas vizinhas. Isso, entretanto, não é possível no caso do boro.

Q47. a) Uma molécula de água é formada por duas ligações O—H polares, já que o átomo de oxigênio é mais eletronegativo do que o átomo de hidrogênio. Assim, o átomo de oxigênio apresenta um caráter parcialmente negativo, e o átomo de hidrogênio, um caráter parcialmente positivo. Como o ângulo entre as duas ligações O—H é menor do que 104,5°, pode-se afirmar que a molécula de água é polar.

b) Modelo A. Em solução, os íons positivos e negativos que constituem o NaCl encontram-se separados e completamente solvatados pelas moléculas de água. Os átomos de oxigênio da molécula de água, parcialmente negativos, orientam-se em direção aos íons positivos e os átomos de hidrogênio da molécula de água, parcialmente positivos, orientam-se em direção aos íons negativos, de modo que atrações eletrostáticas são responsáveis pelas interações que se formam em solução.

Q48. a) O cloreto de sódio. No estado sólido o cloreto de sódio não conduz corrente elétrica, pois suas cargas não estão móveis; já no estado líquido, seus íons tornam-se móveis.

b) O iodo, pois suas moléculas são apolares e as interações entre elas são do tipo Van der Waals.

Q49. a) $X = O, Y = C, Z = K$

b) CO. **Comentário:** Também pode ser CO_2.

c) K_2CO_3

Q50. Entre moléculas da substância I podem se formar ligações de hidrogênio, já que a presença de átomos desse elemento ligados a átomos muito eletronegativos, como o nitrogênio, torna possível a formação de ligações entre o hidrogênio do grupo NH_2 e um dos átomos de oxigênio do grupo NO_2 ou com o nitrogênio do grupo NH_2 de outra molécula. Entretanto, na molécula II pode ocorrer a formação de ligações de hidrogênio intramoleculares entre esses grupos, dificultando a formação de ligações de hidrogênio intermoleculares. Por isso, a temperatura de fusão da substância I é maior que a da substância II.

Q51. d

Q52. a

Q53. $1 + 2 + 8 = 11$

Q54. c

Q55. b As moléculas de água interagem entre si por ligações de hidrogênio, que é uma interação relativamente forte.

Q56. c NH_3, $CaCl_2$ e O_3

Q57. A estrutura do CO_2 é $O = C = O$. A dissolução do CO_2 em água pode ser representada pela equação: $H_2O + CO_2 \rightleftharpoons H_2CO_3$.

Q58. c Os ácidos carboxílicos, substâncias orgânicas que apresentam o grupo —COOH em sua estrutura, estabelecem ligações de hidrogênio com a água.

Q59. a O elemento apresenta dois elétrons de valência que estão no subnível $3s^2$. É o metal alcalinoterroso, magnésio, que dá origem a íons positivos de carga 2+. O oxigênio dá origem a íons negativos O^{2-}. A ligação entre esses íons resultará na substância de fórmula EO, ou seja, MgO.

Q60. d Quando uma substância molecular, como a água, entra em ebulição, são rompidas suas interações intermoleculares (ligações de hidrogênio) e não as ligações químicas.

Q61. c

Q62. d O elemento cujo número atômico é 12 é o magnésio (metal alcalinoterroso) e o de número atômico 17 é o cloro (halogênio). Formarão a substância iônica $MgCl_2$.

Q63. a I: H_2S; II: $Na_2(C_2H_3O_2)$.

Q64. d

Q65. b As substâncias iônicas que, em geral, apresentam alta temperatura de ebulição, não conduzem corrente elétrica no estado sólido, já que seus íons estão presos no retículo cristalino, mas conduzem no estado líquido quando seus íons estão livres.

Q66. c

Q67. c As substâncias iônicas não conduzem corrente elétrica no estado sólido, já que seus íons estão presos no retículo cristalino, mas conduzem no estado líquido quando seus íons estão livres. As substâncias covalentes, em geral, não conduzem corrente elétrica.

Q68. a O iodo é substância apolar e a água é uma substância polar. Em geral, as substâncias apolares apresentam pouca interação com as substâncias polares.

Q69. d

Q70. c O gás carbônico é uma substância apolar, logo, as interações entre suas moléculas são do tipo Van der Waals.

Q71. c

Q72. O elemento *X* é o magnésio e o *Y* é o cloro. O composto formado pela ligação entre um metal com um ametal é iônico, portanto a ligação entre *X* e *Y* deve ser iônica. A fórmula para o composto é $MgCl_2$ e a nomenclatura é cloreto de magnésio.

Q73. c

Q74. c

Sugestões de leitura para formação do professor

- CURI, D. Polímeros e interações intermoleculares. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 23, maio 2006. p. 10-22. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc23/a05.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

O artigo mostra uma possibilidade de se trabalhar os conceitos de interações intermoleculares através de experimentos simples, empregando-se materiais poliméricos como papel, sacola plástica, gel para plantas e fraldas descartáveis.

- FRANCISCO JÚNIOR, W. E. Uma abordagem problematizadora para o ensino de interações intermoleculares e conceitos afins. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 29, ago. 2008. p. 20-3. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc29/05-RSA-1008.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

O artigo apresenta e discute uma abordagem calcada na problematização para o estudo das interações intermoleculares e alguns conceitos relacionados.

FERREIRA, Maira; DEL PINO, José Claudio. Experimentação e modelagem: estratégias para a abordagem de ligações químicas no ensino médio. *Acta scientiae*. Canoas: Editora da ULBRA. Disponível em: < http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/135/125>. Acesso em: 11 jan.2013.

- MORTIMER, E. F. O significado das fórmulas químicas. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 3, 1996. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc03/conceito.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

Neste artigo discute-se o significado de se atribuírem fórmulas às substâncias, tomando como exemplo a água. Aponta-se também as possibilidades e limites dos modelos de estrutura molecular.

- ___; MOL, G. S.; DUARTE, L. P. Regra do octeto e teoria da ligação química no Ensino Médio: dogma ou ciência? *Química Nova*. São Paulo: SBQ, v. 17, n. 3, 1994. p. 243-52. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1994/vol17n3/v17_n3_%20(11).pdf>. Acesso em: 30 ago. 2012.
- PEREIRA, A. de S.; PIRES, D. X. Uma proposta teórica-experimental de sequência didática sobre Interações intermoleculares no ensino de química, utilizando variações do teste da adulteração da gasolina e corantes de urucum. *Investigações em Ensino de Ciências,* v. 17, n. 2, pp. 385-413, 2012.

  Disponível em: < http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID297/v17_n2_a2012.pdf>. Acesso em: 11 jan.2013.
- RIBEIRO, A. T.; BEJARANO, N. R. R. Formação em serviço de professores de química: a história de Marina. *Investigações em Ensino de Ciências,* vol. 14, n. 3, pp. 357-375, 2009. Disponível em <www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID222/v14_n3_a2009.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2013.

Este artigo conta a história de Marina, professora de Química há 24 anos e que desenvolveu seu método de trabalho a partir de experiências com seus antigos professores e com aulas de catequese na igreja que frequenta. A reconstituição e análise da história de vida de Marina proporcionou melhor entendimento sobre alguns aspectos relacionados à sua formação, como a influência dos acontecimentos cotidianos, tanto pessoais como profissionais no desenvolvimento do professor.

- TOMA, H. E. Ligação química: abordagem clássica ou quântica? *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 6, 1997. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc06/conceito.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

Este artigo procura ressaltar que os modelos de ligação química não são absolutos; ao contrário, são construções de uma outra ordem de realidade – a realidade do mundo infinitamente pequeno – que só podemos compreender com o uso de teorias que se modificam com o desenvolvimento da ciência.

- TRINDADE J. O.; HARTWIG, D. R. Uso combinado de mapas conceituais e estratégias diversificadas de ensino: Uma análise inicial das ligações químicas. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, v. 34, n. 2, 2012. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_2/06-PE-70-11.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2013.

O artigo relata o resultado de um minicurso sobre ligações químicas, ofertado a alunos da 1ª série do ensino médio envolvendo estratégias diversificadas de ensino: atividades de informática (realidade virtual-3D, animações, vídeos), modelagem (modelos plásticos, bexigas) e material instrucional (apostila).

Sugestões de páginas na internet

<www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=213&TESTADOR+DE+CONDUTIVIDADE>

Nesta página do Ponto Ciência você vai encontrar instruções para construir um instrumento para testar a condutividade elétrica. Acesso em: 25 abr. 2012.

<www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=45&CORRA+GOTA+CORRA>

Esta página do Ponto Ciência mostra um experimento que permitirá discutir com seus alunos o efeito de uma camada de determinada substância no movimento de uma gota de água. Acesso em: 25 abr. 2012.

<www.yteach.com>

Nesta página (em inglês) você vai encontrar várias animações envolvendo os modelos de ligação química. Acesso em: 25 abr. 2012.

<www.yteach.co.uk/page.php/resources/view_all?id=bond_charge_electrical_ion_ionic_electrovalent_covalent_multiple_coordinate_metalic_t_page_27&from=search>

Animação envolvendo o modelo de ligação metálica. Há uma narração em inglês. Acesso em: 25 abr. 2012.

<http://mutuslab.cs.uwindsor.ca/schurko/animations/heatofsolution/solutionSalt.html>

Animação do Departamento de Química e Bioquímica da Universidade de Windsor (Canadá), que traz a dissolução do NaCl. Acesso em: 25 abr. 2012.

<http://condigital.ccead.puc-rio.br/condigital/index.php?option=com_content&view=article&id=524&Itemid=91>

Nesta página você vai ter acesso a uma animação sobre ligações químicas. Acesso em: 11 jan. 2013.

Sugestões de vídeos

<www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=213&TESTADOR+DE+CONDUTIVIDADE>

Vídeo do Ponto Ciência que aborda a condução de eletricidade (utilizando o testador de condutividade que foi construído) pelas substâncias: açúcar, sal de cozinha, hidróxido de sódio e ácido clorídrico. É um vídeo interessante para você discutir propriedades das substâncias iônicas e moleculares. Acesso em: 25 abr. 2012.

<www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=49&GENIO+DA+LAMPADA>

Vídeo do Ponto Ciência que aborda a condução de eletricidade pelas substâncias iônicas. Aqui você vai encontrar uma experiência na qual se testa a condutividade do bissulfato de potássio sólido e fundido. Acesso em: 25 abr. 2012.

<www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=41&ENTORTANDO+O+METAL>

Vídeo do Ponto Ciência que aborda a maleabilidade, propriedade de substâncias metálicas. Acesso em: 25 abr. 2012.

<http://condigital.ccead.puc-rio.br/condigital/index.php?option=com_content&view=article&id=399&Itemid=91>

Vídeo *Ligações químicas: covalentes e iônicas - Episódio: Ligações Químicas*. Acesso em: 11 jan. 2013.

<http://condigital.ccead.puc-rio.br/condigital/index.php?option=com_content&view=article&id=362&Itemid=91>

Vídeo "Interações Moleculares e Solubilidade". Episódio: O que mantém os átomos em uma molécula. O vídeo aborda a interação entre os átomos e sua relação com as propriedades das substâncias e os fenômenos físicos do nosso cotidiano. Acesso em: 11 jan. 2013.

<http://condigital.ccead.puc-rio.br/condigital/index.php?option=com_content&view=article&id=363&Itemid=91>

Video "Interações moleculares e solubilidade". Episódio: Substâncias moleculares e iônicas. Acesso em: 11 jan. 2013.

HINO NACIONAL

Letra: Joaquim Osório Duque Estrada
Música: Francisco Manuel da Silva

Ouviram do Ipiranga as margens plácidas
De um povo heroico o brado retumbante,
E o sol da liberdade, em raios fúlgidos,
Brilhou no céu da Pátria nesse instante.

Se o penhor dessa igualdade
Conseguimos conquistar com braço forte,
Em teu seio, ó liberdade,
Desafia o nosso peito a própria morte!

Ó Pátria amada,
Idolatrada,
Salve! Salve!

Brasil, um sonho intenso, um raio vívido
De amor e de esperança à terra desce,
Se em teu formoso céu, risonho e límpido,
A imagem do Cruzeiro resplandece.

Gigante pela própria natureza,
És belo, és forte, impávido colosso,
E o teu futuro espelha essa grandeza.

Terra adorada,
Entre outras mil,
És tu, Brasil,
Ó Pátria amada!

Dos filhos deste solo és mãe gentil,
Pátria amada,
Brasil!

Deitado eternamente em berço esplêndido,
Ao som do mar e à luz do céu profundo,
Fulguras, ó Brasil, florão da América,
Iluminado ao sol do Novo Mundo!

Do que a terra mais garrida
Teus risonhos, lindos campos têm mais flores;
"Nossos bosques têm mais vida",
"Nossa vida" no teu seio "mais amores".

Ó Pátria amada,
Idolatrada,
Salve! Salve!

Brasil, de amor eterno seja símbolo
O lábaro que ostentas estrelado,
E diga o verde-louro desta flâmula
– Paz no futuro e glória no passado.

Mas, se ergues da justiça a clava forte,
Verás que um filho teu não foge à luta,
Nem teme, quem te adora, a própria morte.

Terra adorada,
Entre outras mil,
És tu, Brasil,
Ó Pátria amada!

Dos filhos deste solo és mãe gentil,
Pátria amada,
Brasil!

ISBN 978-85-262-9113-3
9 788526 291133

Este livro didático é um **bem reutilizável** da escola, e deve ser **devolvido em bom estado** ao final do ano para uso de outra pessoa no **próximo** período letivo.